

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil



“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE ESTABILIZANTE IÓNICO EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Autor:

Bach. Alhexis Emmanuel Ruiz Correa

Asesora:

M. Cs. Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero

Cajamarca - Perú

2019

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Irene del Rosario Ravinez Azañero, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Alhexis Emmanuel Ruiz Correa

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Influencia de la incorporación de estabilizante iónico en la capacidad portante de un suelo arcilloso” para aspirar al título profesional de: ingeniero civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

M. Cs. Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero
Asesora

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Alhexis Emmanuel Ruiz Correa para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “Influencia de la incorporación de estabilizante iónico en la capacidad portante de un suelo arcilloso”

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

☐ **Aprobación por unanimidad**

☐ **Aprobación por mayoría**

Calificativo:

☐ Excelente [20 - 18]

☐ Sobresaliente [17 - 15]

☐ Bueno [14 - 13]

Calificativo:

☐ Excelente [20 - 18]

☐ Sobresaliente [17 - 15]

☐ Bueno [14 - 13]

☐ Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Jurado Presidente

Ing. Erlyn Giordany Salazar
Huamán
Jurado Secretario

Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna
Jurado Vocal

DEDICATORIA

A Dios y a mis abuelitas, quienes guían mi camino desde el cielo siempre presentes en cada paso que doy.

A mis padres Alex y Rosa, mi razón de ser, quienes me motivaron en mi formación académica, con mucho orgullo y amor les dedico todos mis éxitos, se merecen esto y mucho más.

A mis hermanas Alexandra y Alexya por ser mi apoyo incondicional.

A Néstor mi amigo inseparable de toda la vida.

A mis amigos de la universidad con quienes he pasado momentos maravillosos e inolvidables a lo largo de nuestra formación profesional.

A mis docentes por todos sus conocimientos otorgados hacia mi persona, gracias a ello ahora puedo ejecutar cada una de sus enseñanzas en el campo de ingeniería.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Alex y Rosa.

Por haberme dado la oportunidad de cumplir con mis metas, por otorgarme el legado más importante de la vida que es la educación por lo cual les estaré eternamente agradecido.

A mis hermanas Alexandra y Alexya.

Por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, por haberme brindado su amor y comprensión cuando más lo necesité.

Quisiera agradecer a mi universidad, a mi honorable facultad de Ingeniería, a todos los docentes que a lo largo de mi carrera me brindaron su apoyo y la oportunidad de integrar los conocimientos suficientes para poder llamarme ingeniero; así mismo quisiera mencionar en particular a Ing. Irene Ravines Azañero mi asesora de tesis que me brindó todo el apoyo posible para culminar esta investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	11
RESUMEN	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Objetivos	17
1.3.1. Objetivo general	17
1.3.2. Objetivos específicos	17
1.4. Hipótesis.....	17
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	18
2.1. Tipo de investigación	18
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	18
2.2.1. Unidad de estudio	18
2.2.2. Población	18
2.2.3. Muestra	18
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	19

2.4.	Procedimiento general.....	20
2.5.	Ubicación de la cantera	20
2.6.	Extracción de la muestra.....	23
2.7.	Ensayo de Contenido de Humedad	24
2.8.	Ensayo de análisis granulométrico por lavado.....	26
2.9.	Método de incorporación del estabilizante iónico "Con – Aid" en el suelo arcilloso.....	28
2.10.	Ensayo de límites de Atterberg.....	29
2.11.	Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).....	31
2.12.	Ensayo de compactación proctor modificado	33
2.13.	Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)	35
	CAPÍTULO III. RESULTADOS	39
4.1.	Contenido de humedad de la muestra.....	39
4.2.	Análisis granulométrico por lavado	39
4.3.	Ensayo de límites de Atterberg.....	40
4.4.	Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).....	41
4.5.	Ensayo compactación proctor modificado	41
4.6.	Ensayo California Bearing Ratio.....	41
	CAPÍTULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	49
5.1.	DISCUSIÓN.....	49
5.1.1.	<i>Límites de Atterberg</i>	<i>49</i>
5.1.2.	<i>Compactación proctor modificado</i>	<i>50</i>
5.1.3.	<i>California Bearing Ratio</i>	<i>51</i>

5.2. CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS.....	57
FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO “CON-AID”	58
PANEL FOTOGRÁFICO	59
PROTOCOLOS DE ENSAYOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2: Coordenadas UTM Cantera “El Cerrillo”	21
Tabla 3: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) - Suelos de grano fino	32
Tabla 4: Análisis granulométrico por lavado	39
Tabla 5: Límites de Atterberg.....	40
Tabla 6: Compactación proctor modificado	41
Tabla 7: Lecturas de penetración para muestra patrón (Ver Anexo N° 09)	42
Tabla 8: Lecturas de penetración con incorporación de 15% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 10)	42
Tabla 9: Lecturas de penetración con incorporación de 22.5% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 11)	43
Tabla 10: Lecturas de penetración con incorporación de 30% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 12)	43
Tabla 11: California Bearing Ratio (CBR) (Ver Anexo N° 15)	48
Tabla 12: Uso del suelo de acuerdo a su CBR	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Cantera “El Cerrillo”	22
Figura 2: Acceso a la cantera El Cerrillo.....	23
Figura 3: Excavación manual para obtención de la muestra	24
Figura 4: Contenido de humedad 06 taras con 100 gr cada una.....	25
Figura 5: Secado de material en el horno a 110 ± 5 °C	25
Figura 6: 500 gr de suelo arcilloso	27
Figura 7: Lavado del material por la malla N° 200	27
Figura 8: Tamizado de la muestra seca	28
Figura 9: Obtención de la pasta en la cápsula de porcelana	30
Figura 10: Tres (03) muestras para cada número de golpes	30
Figura 11: Tres (03) muestras para cada límite líquido.....	31
Figura 12: Compactación con el pisón a 5 capas con 25 golpes cada una	34
Figura 13: Taras con cada porcentaje de humedad.....	34
Figura 14: Compactación en moldes CBR	36
Figura 15: Muestras para determinar densidad húmeda y contenido de humedad de cada molde	36
Figura 16: Toma de lecturas de hinchamiento.....	37
Figura 17: Lectura de carga de cada molde	38
Figura 18: Curva de análisis granulométrico por lavado.....	40
Figura 19: Esfuerzo vs penetración muestra patrón (Ver Anexo N° 09).....	44
Figura 20: Esfuerzo vs penetración muestra con incorporación de 15% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 10)	44
Figura 21: Esfuerzo vs penetración muestra con incorporación de 22.5% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 11)	45
Figura 22: Esfuerzo vs penetración muestra con incorporación de 30% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 12)	45
Figura 23: CBR – Densidad seca, muestra patrón (Ver Anexo N° 09)	46
Figura 24: CBR – Densidad seca muestra con incorporación de 15% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 10).....	46
Figura 25: CBR – Densidad seca muestra con incorporación de 22.5% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 11)	47

Figura 26: CBR – Densidad seca muestra con incorporación de 30% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 12).....	47
Figura 27: Comparación ensayos de límite líquido.....	49
Figura 28: Comparación ensayos de límite plástico.....	49
Figura 29: Comparación ensayos de índice de plasticidad.....	50
Figura 30: Comparación densidad seca máxima	51
Figura 31: Comparación contenido óptimo de humedad.....	51
Figura 32: Comparación de resultados del CBR a 0.1”.....	52
Figura 33: Comparación de resultados del CBR a 0.2”.....	53

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Obtención de la muestra de la cantera “El Cerrillo”.....	59
Fotografía 2: Secado a temperatura de ambiente del suelo obtenido para ser ensayado.	59
Fotografía 3: Preparación de la muestra para el ensayo de contenido de humedad	60
Fotografía 4: Segunda visita a la cantera “El Cerrillo”, extracción de muestra para ensayos de proctor modificado y CBR.....	60
Fotografía 5: Asesoramiento en el ensayo California Bearing Ratio -CBR.....	61
Fotografía 6: Se aprecia al tesista mezclando aditivo “Con-Aid” en distintos porcentajes para ensayo CBR	61
Fotografía 7: Preparación y ajuste de moldes CBR para realizar el ensayo de compactación	62
Fotografía 8: Lecturas de penetración en Prensa Hidráulica con el asesoramiento del laboratorista.	62

RESUMEN

El objetivo principal de la presente tesis es determinar la influencia de la incorporación de tres niveles (15%, 22.5% y 30%) de estabilizante iónico en la capacidad portante de un suelo arcilloso. Se utilizó un aditivo de característica iónica de nombre “Con-Aid”. El aditivo “Con-Aid” es un compuesto químico complejo reactivo al catión, el cual se fabrica para estabilizar suelos de industria vial, especialmente suelos arcillosos, dicho aditivo modifica la propiedad de adsorción de agua en los suelos arcillosos, transforma su naturaleza hidrofílica en hidrofóbica, reemplaza el agua retenida con cantidades similares de aditivo, el agua sobrante es evaporada por el mismo clima y por el proceso de compactación, logrando una capa de suelo más densa, con mayor contacto entre sus partículas y con una mayor capacidad portante con comportamiento diferentes frente a cantidades de agua. Al incorporar 15%, 22.50% y 30% de aditivo iónico al suelo arcilloso, la muestra patrón, con CBR a 0.1” es 5.32%, incorporando el 15% de aditivo aumenta hasta 7.21%, incorporando el 22.50% de aditivo aumenta hasta 9.50%, incorporando el 30% de aditivo aumenta hasta 10.30%; igualmente para 0.2” la muestra patrón, con CBR a 0.2”: 5.72%, incorporando el 15% de aditivo aumenta hasta 7.58%, incorporando el 22.50% de aditivo aumenta hasta 10.35%, incorporando el 30% de aditivo aumenta hasta 11.20%. El aditivo iónico mejora la capacidad portante en el suelo arcilloso, logra un aumento de 93.61% de CBR a 0.1” al agregar 30% de aditivo y un aumento de 95.80% de CBR a 0.2” al agregar 30% de dicho aditivo; es decir, dicho suelo en estudio pasa de ser una sub rasante mala a ser clasificado como una subrasante regular o buena.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En suelos arcillosos, la retracción y agrietamiento están asociados a diferentes fenómenos como: períodos prolongados de sequía, presencia de árboles de alta demanda hídrica, explotación de acuíferos, los cuales afectan de manera importante a obras civiles, ya que este tipo de deformaciones inciden en la funcionalidad de las estructuras y pueden llevarlas al colapso. Baker, (1981)

El proceso de expansión en suelos arcillosos se produce cuando un suelo no saturado se humedece absorbiendo agua entre sus partículas y aumentando de volumen. Este aumento de volumen tiene una componente debido a la relajación de los esfuerzos intergranulares al aumentar el grado de saturación. De hecho, se pueden cambiar estos dos fenómenos, absorción de agua y relajación de los esfuerzos, con un posible colapso Barrera, (2002)

Las arcillas expansivas crean problemas significativos en obras de ingeniería civil, por tal motivo se van realizando el mejoramiento de estos suelos empleando diversas técnicas de estabilización (Jara, 2014); estabilizar un suelo es mejorar sus características físico mecánicas, resistencia al desgaste, al esfuerzo cortante para resistir las cargas del tránsito bajo y cualquier condición climática a lo largo del trazo de la vía que no cumplen como material de subrasante por su baja resistencia portante o su alta expansión, sobre la que se construirá el cuerpo de terraplén y el paquete estructural del pavimento. (COMPACT-TO, 2016) El suelo puede ser estabilizado mecánicamente al ejercer una acción mecánica de corta duración de manera repetitiva sobre una masa de suelo parcialmente saturado, con ayuda de equipos compactadores; mediante mezclas de suelos, o aplicando un producto químico (cal, cemento portland, polímeros), el cual transfiere al suelo ciertas cantidades para mejorar sus propiedades de comportamiento físico y mecánico.

Las vías afirmadas en la ciudad de Cajamarca se encuentran en mal estado debido a su falta de mantenimiento las cuales presentan deformaciones, fallas en carpetas asfálticas, hundimientos, presencia de charcos, baches en mal estado, piel de cocodrilo, agrietamientos longitudinales, agrietamiento transversales y agrietamiento en bloque.

El mal estado de los caminos dentro y fuera de la ciudad en épocas de lluvia que provoca barro, en épocas de sequía se genera polvo, ocasionando pérdidas en cosechas en zonas cercanas. La sobre explotación de agregados finos para el mantenimiento y rehabilitación de caminos conlleva a la degradación de ríos y cuencas dañando irreversiblemente al ambiente.

En Cajamarca existen diversas canteras las cuales no cumplen con los requisitos exigidos por la Norma Técnica Peruana, es por ello que si usamos productos que ha desarrollado la tecnología moderna los cuales hacen que las propiedades de los agregados trabajen al máximo, logramos tener una buena subrasante para construir vías y mantener caminos en buen estado, con bajos costos durante la ejecución y alargando su vida útil.

Esta nueva propuesta en la estabilización de suelos utilizando aditivos iónicos, la cual viene dando buenos resultados, las pruebas muestran que la mezclas suelo-aditivo reducen la expansión, respecto a la del suelo natural. López, (2010).

“Proyecto Perú” proyecto que tuvo a cabo la implementación y desarrollo de nuevas tecnologías, prevaleciendo acciones preventivas frente a las acciones correctivas, lo cual significa ahorros a largo plazo. Una de las vías que forman parte de este proyecto es la carretera Cajamarca – Celendín – Balsas – Chachapoyas – Pedro Ruiz a cargo de ICCGSA; uno de los problemas fue la carencia de canteras cercanas con material apropiado para dicho mejoramiento, la difícil geometría de la vía para colocar 15 cm de afirmado para mantener los niveles de servicio exigidos por la entidad, para ello se planteó la opción de estabilizar el material propio para conformar la superficie de rodadura. Se eligió aplicar el estabilizador iónico de suelos CON-AID para mejorar las propiedades hidráulicas y mecánicas del suelo arcilloso existente y que se mantengan en el tiempo con bajo costo de mantenimiento y en los requerimientos de resistencia y durabilidad adecuados.

La estabilización iónica consiste en un intercambio iónico del aditivo y las partículas de arcilla, capaz de reducir el volumen de agua retenido, disminuyendo su plasticidad y expansión, los sitios iónicos libres sobre las superficies del material arcilloso pueden ser ocupados por moléculas del aditivo, esto ocasiona que el agua ingresada al sistema

se comportará como agua libre, la cual puede ser eliminada por evaporación, compactación o efecto gravitatorio (Burga, 2014)

El aditivo iónico es un compuesto químico complejo, diseñado para el uso vial, uno de sus componentes principales es un reactivo catiónico de alta valencia (aditivo surfactado), que reemplaza permanentemente las moléculas de agua absorbida por suelo arcilloso mediante un intercambio iónico forzado, por ello, al haber menos presencia de agua, el suelo adquiere una densidad mayor y disminuye su plasticidad, se logra compactar menor esfuerzo mecánico logrando mejorar su capacidad portante (CBR), lo que conlleva a un suelo estable en cualquier época del año sea en lluvias o sequías; dicho aditivo es tema de diversas reuniones a nivel internacional (Colombia, Argentina, EE.UU, Paraguay, Brasil) en las cuales se realizan pruebas en vivo y en directo estabilizando suelos de baja capacidad portante, en una de sus pruebas se estabilizó un suelo arcilloso el cual tuvo un incremento del CBR del 233%, estas empresas recomiendan realizar este tipo de estabilizaciones en diferentes regiones, ya que los resultados serían diferentes por la variedad de suelos que son utilizados como subrasante para obras viales. TECNOCOVER, (2013)

Torres, (2016), de la Universidad Andina del Cusco en su tesis para optar al título profesional de ingeniero civil: “Determinación del coeficiente estructural de una base estabilizada con aditivo químico más cemento con suelo de la cantera km 126+140 aplicado en el tramo Acomayo – Accos.” Analizó y determinó el coeficiente estructural de una base estabilizada con aditivo iónico más cemento al 0.5% respecto al peso del material para obtener el cálculo exacto de espesores para conformar el paquete. De esta manera logró obtener el valor del coeficiente estructural de 0.14 que garantizará resultados de calidad para futuros proyectos de la región del Cusco.

Núñez, (2015), en su tesis “Análisis de la estabilización del material de cantera km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico” concluye que; al incrementar aditivo iónico al material de cantera Km 02+700 en los diferentes porcentajes se obtuvo incrementos en la curva de compactación de dicho material, teniendo como resultado el promedio de densidad seca del material sin aditivo de 15.96 KN/m³, el cual comparado con el promedio de densidad seca del material con aditivo al 60% es de 16.44 KN/m³; también demostró que la adición del

estabilizante iónico incrementa la capacidad de soporte CBR al 244.35% del material de dicha cantera al adicionar aditivo iónico de 60%

Palomino Terán; Karen Estefany, en su tesis titulada “Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador Maxxseal 100”, nos dice que a medida que se incrementa el porcentaje del estabilizador químico a base de polímeros en un suelo arcilloso aumenta su capacidad portante CBR, desde una muestra patrón con un CBR de 5.10% hasta un CBR de 11.70% incorporando 6% de Maxxseal 100; es decir, aumenta hasta un 100%

El beneficio más importante es que todas las comunidades puedan usar vías en buen estado durante todo el año debido a los beneficios del aditivo iónico, mejorando sus condiciones de vida, sabiendo que actualmente muchas rutas de toda la región no poseen las condiciones mínimas para ser transitadas

La presente tesis tiene como objetivo incorporar estabilizante iónico a un suelo arcilloso para mejorar su capacidad portante.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la incorporación de estabilizante iónico en la capacidad portante de un suelo arcilloso?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la incorporación de tres niveles (15%, 22.5% y 30%) de estabilizante iónico en la capacidad portante de un suelo arcilloso.

1.3.2. Objetivos específicos

- Clasificar un suelo mediante los Sistemas Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)
- Determinar las características físicas mecánicas del material: plasticidad del material, grado de compactación y capacidad portante de un suelo arcilloso con incorporaciones de (15%, 22.5% y 30%) de estabilizante iónico.

1.4. Hipótesis

Al incrementar el porcentaje del estabilizante iónico, el suelo arcilloso adquiere una densidad mayor y disminuye su índice de plasticidad logrando mejorar su capacidad portante (CBR)

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Experimental.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Unidad de estudio

Suelo arcilloso para su capacidad portante (CBR) con incorporación de aditivo “Con-Aid”

2.2.2. Población

Material de cantera “El Cerrillo”

2.2.3. Muestra

Se utilizaron catorce especímenes de suelo arcilloso como muestra; considerando el peso necesario para cada uno de los ensayos como se detalla a continuación:

05 especímenes para muestra patrón

- 01 ensayo de contenido de humedad (600gr)
- 01 ensayo de granulometría (500gr)
- 01 ensayo de límite líquido y plástico (200gr)
- 01 ensayo de compactación próctor modificado (15 kg)
- 01 ensayo de California Bearing Ratio (CBR) (18 kg)

03 especímenes para muestra patrón con incorporación de 15% estabilizante iónico “Con – Aid”

- 01 ensayo de límite líquido y plástico (200 gr)
- 01 ensayo de compactación próctor modificado (15 kg)
- 01 ensayo de California Bearing Ratio (CBR) (18 kg)

03 especímenes para muestra patrón con incorporación de 22.5% estabilizante iónico “Con – Aid”

- 01 ensayo de límite líquido y plástico (200gr)
- 01 ensayo de compactación próctor modificado (15 kg)
- 01 ensayo de California Bearing Ratio (CBR) (18 kg)

03 especímenes para muestra patrón con incorporación de 30% estabilizante iónico “Con – Aid”

- 01 ensayo de límite líquido y plástico (200 gr)
- 01 ensayo de compactación próctor modificado (15 kg)
- 01 ensayo de California Bearing Ratio (CBR) (18 kg)

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Se realizó la inspección de campo, luego se recogieron las muestras de la zona de El Cerrillo, posteriormente fueron llevadas por distintas cantidades de acuerdo al ensayo a realizar al laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca, para realizar los ensayos de:

- Contenido de humedad NTP 339.127
- Análisis granulométrico por lavado ASTM D421
- Límites de Atterberg NTP 339.130
- Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) NTP 339.134
- Ensayo de compactación proctor modificado NTP 339.141
- Ensayo de CBR (California Bearing Ratio) NTP 339.145

Todos los mencionados para la muestra patrón del suelo sin ser alterado, para los tres últimos ensayos se realizaron para incorporaciones de 15%, 22.5% y 30% del estabilizante iónico “Con – Aid” para posteriormente ser comparados con la muestra patrón.

2.4. Procedimiento general

Para realizar la extracción de material a estudiar se tuvo que trasladar hacia el Centro Poblado El Cerrillo del distrito de Baños del Inca en busca de una cantera de suelo arcilloso llamada “El Cerrillo”, cerca de la cantera hay diversos caminos que en un futuro pueden ser estabilizados con estabilizante iónico con el respaldo de los resultados obtenidos en esta investigación, posteriormente se tomaron dos sacos de 50 kg cada una para muestras representativas de dicha cantera las cuales serán usadas en los diferentes ensayos.

El material fue llevado al laboratorio de la Universidad Privada del Norte en cantidades necesarias para cada tipo de ensayo, se realizaron los ensayos de contenido de humedad, granulometría por lavado y los límites de Atterberg, los datos obtenidos nos sirvieron para clasificar el suelo a través del sistema SUCS obteniendo un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL)

Luego se realizaron los ensayos de Límites de Atterberg y compactación proctor modificado para las incorporaciones de 15%, 22.5% y 30% del estabilizante iónico “Con – Aid” estas cantidades de dicho estabilizante se calculan de acuerdo a la cantidad de agua que se necesita por ensayo datos que han sido tomados de los ensayos para la muestra patrón.

Al obtener el óptimo contenido de humedad a través del ensayo de compactación proctor modificado se realizó California Bearing Ratio (CBR) tanto de la muestra patrón como para cada incorporación del estabilizador.

2.5. Ubicación de la cantera

- **Ubicación política:**

País: Perú

Departamento: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

Distrito: Baños del Inca

- **Ubicación geográfica:**

DATUM: UTM (WGS-84)

Huso: 27

Zona: S

Latitud Sur: 7° 7' 39.46" de la Línea Ecuatorial

Longitud Oeste: 78°29'25.66" del Meridiano de Greenwich

- **Coordenadas UTM:**

Tabla 1: *Coordenadas UTM Cantera “El Cerrillo”*

COORDENADAS UTM			
PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
A	777222.76	9211376.34	2712
B	777094.34	9211398.61	2706
C	777061.94	9211315.58	2705
D	777023.66	9211205.79	2703
E	777184.84	9211170.84	2703
F	777234.1	9211255.88	2706

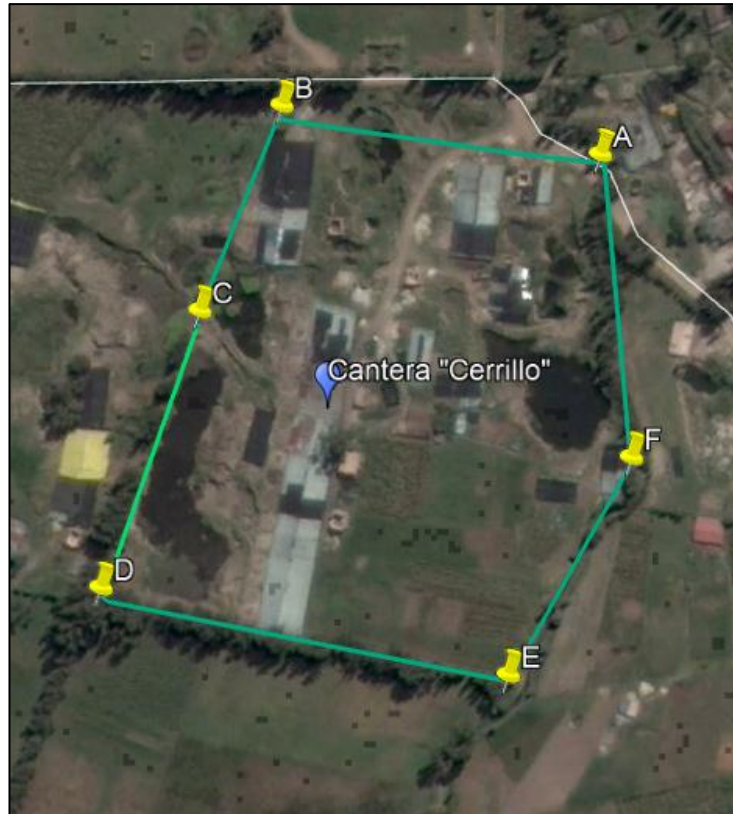


Figura 1: Ubicación Cantera “El Cerrillo”

- **Acceso a la cantera:**

De acuerdo a la figura N° 2 se muestra la ruta de acceso a la cantera (línea color celeste), tomando como punto de partida la Plaza de Armas de Cajamarca, siguiendo por el Jr. Dos de mayo en dirección a la Av. Hoyos Rubio, seguimos rumbo al aeropuerto Armando Revoredo Iglesias, hasta llegar al desvío de Otuzco y El Cerrillo, tomamos la trocha carrozable y continuamos rumbo al paradero de la zona “El Cerrillo”, caminamos 200m en dirección a “La Paccha” y llegamos a la cantera “El Cerrillo” propiedad de la asociación El Rescate del Álamo.

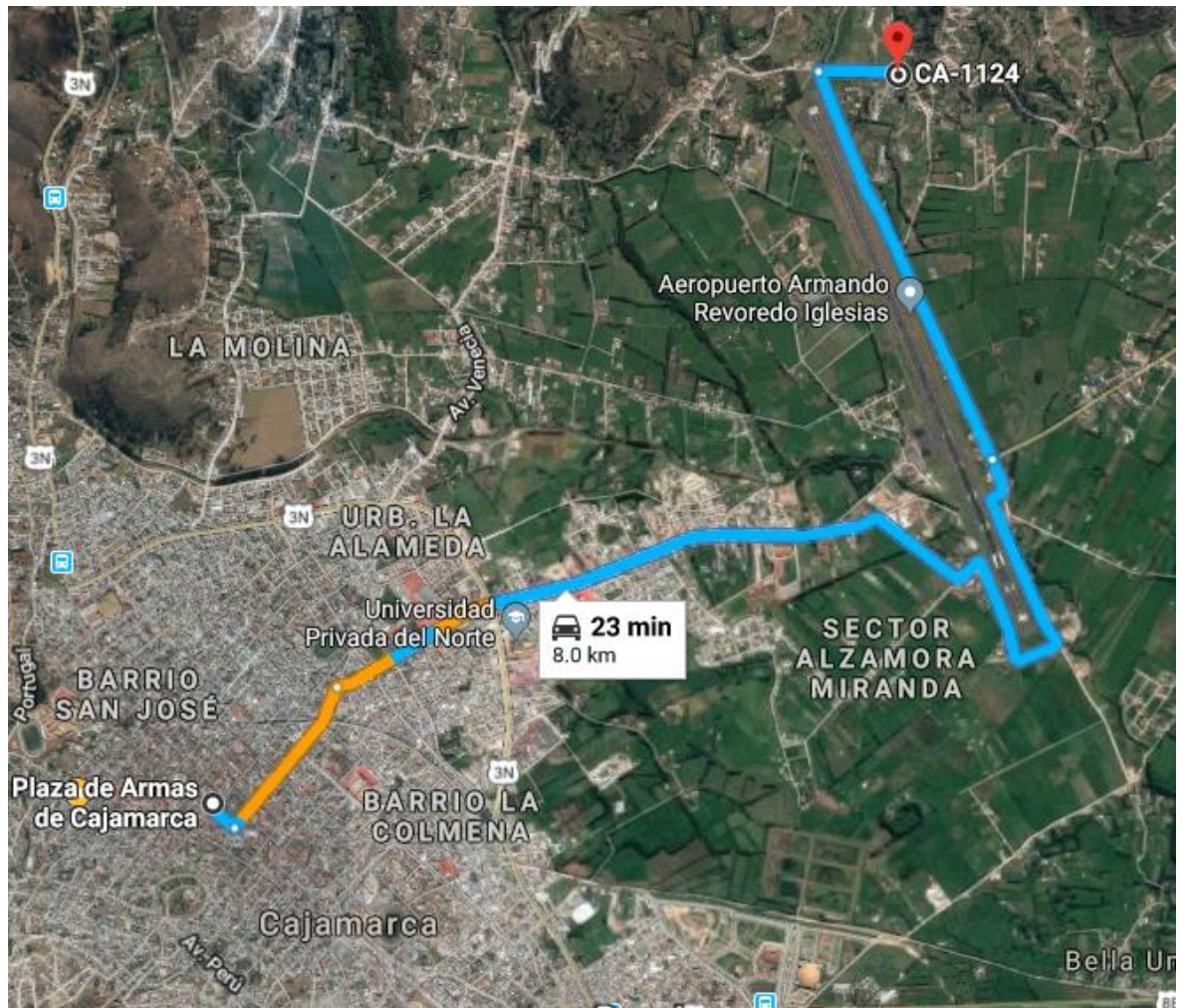


Figura 2: Acceso a la cantera El Cerrillo

2.6. Extracción de la muestra.

La visita a la cantera se realizó el día 08 de mayo del 2018, la obtención del material se realizó de manera manual con ayuda de los propietarios, se realizaron excavaciones manuales, dicho material fue transportado en sacos de polipropileno para evitar ser contaminado.



Figura 3: Excavación manual para obtención de la muestra

2.7. Ensayo de Contenido de Humedad

Para realizar dicho ensayo se siguió el procedimiento establecido en la norma NTP 339.127, cabe resaltar que este ensayo se aplicó solamente a la muestra patrón.

- a) Material Utilizado: 600gr de muestra inalterada extraída de la cantera “El Cerrillo”
- b) Equipo y herramientas:
 - Balanza con aproximación de 0.01 gr.
 - Horno de secado.
 - Taras o recipientes.
 - Guantes térmicos.
- c) Procedimiento:
 - Se determinó y registró la masa de seis taras o recipientes limpios y secos.
 - Se colocaron 100 gr en cada una de ellas utilizando la balanza con aproximación de 0.01 gr obteniendo el peso húmedo de cada tara con su respectiva muestra.
 - Dichos recipientes con material húmedo se colocaron en el horno 110 ± 5 °C.

- Luego de 24 horas de secado, se removió el contenedor del horno, esperando 15 minutos para su enfriamiento para que pueda ser manipulado con las manos. Se determinó el peso del recipiente y el material secado al homo usando la misma balanza.
- Todos los pesos obtenidos se tipearon en el protocolo asignado.



Figura 4: Contenido de humedad 06 taras con 100 gr cada una.



Figura 5: Secado de material en el horno a 110 ± 5 °C

2.8. Ensayo de análisis granulométrico por lavado

Se realizó para la muestra patrón siguiendo el procedimiento establecido en la norma NTP 339.128.

a) Equipos y herramientas

- Balanza digital de precisión 0.1 gr.
- Horno eléctrico de temperatura hasta $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Juego de tamices: N° 4, N° 10, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200, tapa y fondo especificados en la norma.
- Bandejas metálicas.

b) Procedimiento:

- Se pesaron 500 gr de muestra del suelo arcilloso del material traído de la cantera “El Cerrillo” dentro de una tara o recipiente con una precisión de 0.1 gr.
- Dicho recipiente se puso a secar en el horno a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.
- Se removió el contenedor del horno, esperando 15 minutos para su enfriamiento para que pueda ser manipulado con las manos.
- Se pesó la muestra seca con una precisión de 0.1 gr.
- Se llenó con agua el recipiente y se lo dejó por unos 30 minutos.
- Luego, se lavó la muestra con presión suave con los dedos y utilizando escobilla de fierro para liberar las partículas arcillosas adheridas a las partículas más gruesas dentro de una cubeta de plástico.
- Luego se pasó el material humedecido por la malla N° 200, lavando hasta que el agua se hiciera transparente.
- El material retenido se hizo secar en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.
- Se retiró la muestra y se dejó enfriar por 15 minutos al ambiente.
- Se pesó la muestra seca con una precisión de 0.1 gr.
- Se colocó el juego de tamices desde el tamiz N° 4 en orden descendente, considerando bandeja.
- Se tamizó la muestra seca.

- Luego se pesó y registró las partículas retenidas en cada tamiz con una precisión de 0.1 gr.



Figura 6: 500 gr de suelo arcilloso



Figura 7: Lavado del material por la malla N° 200



Figura 8: Tamizado de la muestra seca

2.9. Método de incorporación del estabilizante iónico “Con – Aid” en el suelo arcilloso

El estabilizante iónico “Con-Aid” al reemplazar permanentemente las moléculas de agua absorbida por un suelo arcilloso a través de un intercambio iónico forzado, disminuye la presencia de agua; es por ello que el suelo adquiere una densidad mayor y disminuye su plasticidad logrando mejorar su capacidad portante (CBR)

En el laboratorio, al realizar los ensayos de: límite líquido, límite plástico, compactación proctor modificado y California Bearing Ratio, es de mucha importancia la cantidad de agua para cada muestra, ya que de ello depende los resultados más importantes: índices de plasticidad y capacidad portante, es por ello que se ha optado por mezclar cierto porcentaje del estabilizante iónico “Con-Aid” en

función de la cantidad de agua necesitada por cada muestra para cada ensayo, de acuerdo a lo fundamentado anteriormente.

2.10. Ensayo de límites de Atterberg.

Este ensayo que se realizó para la muestra patrón y para las incorporaciones de 15%, 22.5% y 30% de estabilizador “Con-Aid”, los procedimientos se realizaron de acuerdo a la norma NTP 339.129

a) Equipos y herramientas

- Balanza digital de precisión 0.01 gr.
- Horno eléctrico de temperatura hasta $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Tamiz N° 40
- Para límite líquido: Copa de Casagrande, ranuradores, espátula. - Para límite Plático: Vidrio esmerilado, espátula.
- Cápsulas de aluminio y porcelana.

b) Procedimiento

b.1) Límite líquido

- Se pesaron tres taras secas, y una muestra de material seco a temperatura de ambiente.
- Se tamizó por la malla N° 40 y se obtuvo 200 gr para dicho ensayo.
- Se mezcló el suelo con agua hasta obtener una pasta en una cápsula de porcelana, luego fue puesta en la copa de Casagrande en la que se niveló hasta obtener un espesor de 1 cm.
- Con el ranurador se hace una ranura por la mitad de la pasta.
- Se realiza el número de golpes a razón de 2 golpes por segundo.
- Retirar la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara, anotar dicho peso.
- Se secó dicho material en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas y tomar el peso seco.
- Luego, se agregó material seco, ya que el número de golpes ha sido bajo, dichos golpes deben estar comprendidos entre 6 y 35.
- Se limpió la copa de Casagrande junto con el ranurador y repetir el ensayo dos veces más.



Figura 9: Obtención de la pasta en la cápsula de porcelana



Figura 10: Tres (03) muestras para cada número de golpes

b.2) Límite plástico

b.2.1) Equipos y herramientas

- Balanza digital de precisión 0.01 gr.

- Horno eléctrico de temperatura hasta $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Espátula
- Placa de vidrio
- Taras identificadas
- Se hace perder humedad a una porción de la muestra utilizada en el límite líquido con suelo seco para que baje su contenido de humedad.
- Se enrolla la muestra sobre una placa de vidrio hasta obtener rollos de 3 mm de diámetro con presencia de agrietamientos.
- Se los coloca en las taras y se obtiene el peso húmedo.
- Se secó dicho material en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas y se tomó el peso seco.



Figura 11: Tres (03) muestras para cada límite líquido

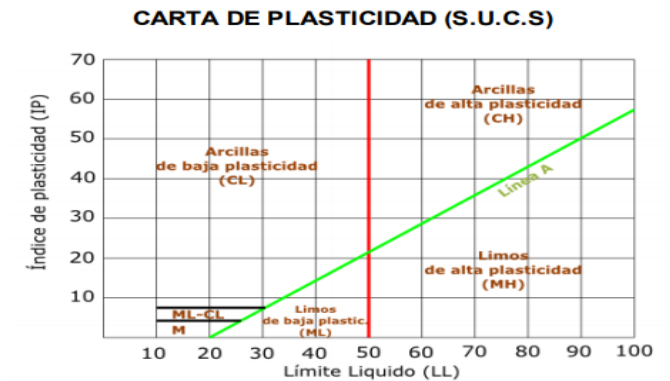
2.11. Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

Se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.134, para la clasificación del suelo se tuvo en cuenta los resultados de los ensayos de análisis granulométrico por lavado y los límites de Atterberg.

Mediante el análisis granulométrico por lavado tenemos que más del 50% pasa por el tamiz N° 200, se introducen los datos obtenidos de índice de plasticidad y límite líquido para clasificar adecuadamente el suelo en estudio.

Tabla 2: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) - Suelos de grano fino

DIVISIONES PRINCIPALES	SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200			G= Grava, S=Arena, O=Suelo Orgánico, P=Turba M= Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduado, P= Mal Graduado, L= Baja Compresibilidad, H= Alta Compresibilidad
	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas o limos arcillosos con ligera plasticidad	
	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos	
	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada, limos orgánicos.	
Suelos muy orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	



Fuente: NTP 339.134,1999

2.12. Ensayo de compactación proctor modificado

Se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.141 por el Método A, debido a que, el porcentaje retenido en la malla N° 4 es menor a 20%

a) Equipos y herramientas

- Balanza con aproximación de 0.01
- Horno eléctrico a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Molde para Proctor Modificado, placa de base y anillo de extensión.
- Pisón Proctor Modificado de sección circular con un peso de 4.54 Kg.
- Taras identificadas.
- Extras: Espátulas, martillo de goma, regla metálica, bandeja de aluminio, probeta graduada de 100 ml, badilejo, cucharón.

b) Procedimiento

- Se dejó secar 25 kg suelo arcilloso seco a temperatura de ambiente.
- Se pesaron 2.5 kg para 5 incorporaciones de agua (4%, 6%, 8%, 10%) del material pesado por muestra (2.5 kg) en adelante.
- Se ensambló el molde cilíndrico junto con la placa de base y el collar de extensión.
- Se compactó con el pisón 25 golpes por cada capa por ser del método A, cinco capas en total.
- Luego se retiró el collar de extensión y se niveló al ras.
- Se limpió el molde y se obtuvo su peso.
- Se retiraron dos muestras significativas de la parte superior e inferior del cilindro y se colocaron en taras identificadas, las cuales se pesaron.
- Se secó dicho material en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas y se tomó el peso seco.
- Repetir dicho ensayo tres veces más con las incorporaciones de agua sustentadas, luego realizar para cada incorporación de aditivo “Con-Aid”



Figura 12: Compactación con el pisón a 5 capas con 25 golpes cada una



Figura 13: Taras con cada porcentaje de humedad

2.13. Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

Se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 339.145, para suelos cohesivos a estos suelos les afecta la humedad de compactación y la densidad obtenida, por lo que se las ensayó cada muestra después de colocarlas en agua durante 4 días. Este ensayo se desarrolló en tres partes las cuales se mencionan a continuación:

a) Equipos y herramientas

- Equipo CBR (3 moldes cilíndricos con placa de base y collar de extensión, 3 discos espaciadores, 3 placas de expansión, 3 sobrecargas cada una de 4.5 kg de peso y 3 trípodes
- Pisón Proctor modificado.
- Balanza con precisión de 1 gr.
- Tres diales de expansión.
- Estufa con control de temperatura.
- Probeta de 1000 ml.
- Recipiente de 6 Kg de capacidad.
- Espátula.
- Taras identificadas.

b) Procedimiento

Este procedimiento consta de 3 fases:

b.1) Ensayo de compactación CBR (determinación de la densidad y húmeda del suelo).

- Se preparó 6 kg de muestra con el contenido óptimo de humedad calculado en ensayo de compactación proctor modificado.
- Se compactó la muestra con 5 capas para cada uno de los tres moldes CBR, el primero con 13 golpes, el segundo con 25 golpes y el tercero con 56 por capa.
- Se determinó la densidad húmeda y el contenido de humedad de las muestras en cada molde.
- Por último, se determinó la densidad seca de las muestras de cada molde.



Figura 14: Compactación en moldes CBR



Figura 15: Muestras para determinar densidad húmeda y contenido de humedad de cada molde

b.2) Ensayo de hinchamiento (determinación de las propiedades expansivas del material)

- Se invirtió las muestras quedando libre la superficie de la parte superior para ensamblar nuevamente los moldes en sus placas de base.
- Se colocó sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.
- Luego se colocó los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante días 4 días, se registró las lecturas de expansión cada 24 horas.



Figura 16: Toma de lecturas de hinchamiento

b.3) Ensayo de carga – penetración (determinación de la resistencia a la penetración)

- Luego de cuatro días se sacaron los moldes del tanque de agua retirando el dial, el trípode, la sobrecarga y la placa de expansión y se lo dejó drenar durante 15 minutos.
- Se colocó la sobrecarga en cada molde, luego se la llevó a la prensa hidráulica, se procedió al ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min, se registró las lecturas de carga de cada muestra.
- Se dibujaron las 03 curvas esfuerzo – deformación correspondiente a las muestras de cada molde, ubicando el valor de la penetración en el eje de las abscisas y los esfuerzos en el eje de ordenadas.



Figura 17: Lectura de carga de cada molde

CAPÍTULO III. RESULTADOS

4.1. Contenido de humedad de la muestra

El contenido de humedad del suelo arcilloso extraído de la cantera “El Cerrillo” – Baños del Inca, Cajamarca es de 24.64% (Ver Anexo N° 01)

4.2. Análisis granulométrico por lavado

En la siguiente tabla y gráfico se muestran los porcentajes pasantes por cada tamiz obtenidos mediante el análisis granulométrico por lavado (Ver Anexo N° 02)

Tabla 3: Análisis granulométrico por lavado

Tamiz	Abertura (mm)	% QUE PASA
N° 4	4.76	100
N° 10	2	98.78
N° 20	0.84	95.26
N° 30	0.59	91.36
N° 40	0.42	86.92
N° 60	0.25	81.26
N° 100	0.15	74.22
N° 200	0.074	65.72

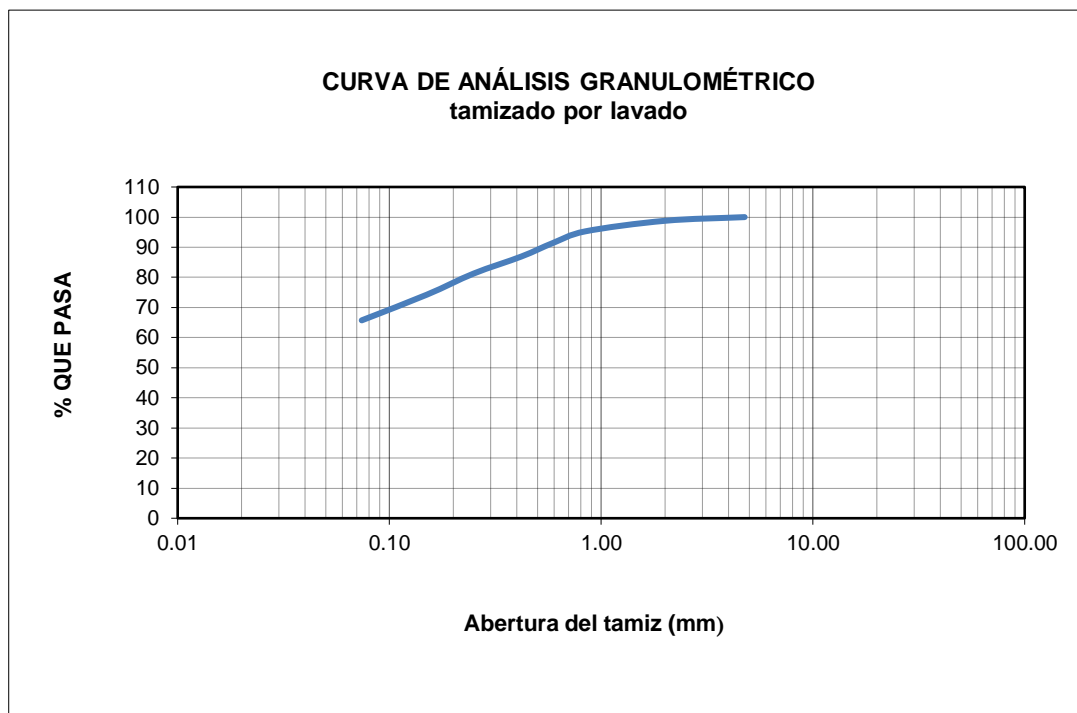


Figura 18: Curva de análisis granulométrico por lavado

No se realizaron comparaciones con Usos granulométricos ya que el dato fundamental es el porcentaje que pasa por la malla N° 200 para poder clasificar el suelo en estudio.

4.3. Ensayo de límites de Atterberg.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de los de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad para la muestra patrón y adiciones del aditivo iónico “Con-Aid” (Ver Anexo N° 03)

Tabla 4: Límites de Atterberg

Descripción		Muestra patrón	Adición 15% aditivo "Con-Aid"	Adición 22.5% aditivo "Con-Aid"	Adición 30% aditivo "Con-Aid"
Límites de Atterberg (%)	Límite líquido	44.75	46.87	44.02	41.33
	Límite plástico	22.41	24.80	33.09	40.38
	Índice de plasticidad	22.34	22.07	10.93	0.95

4.4. Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

Con los resultados obtenidos del análisis granulométrico por lavado y el ensayo de límites de Atterberg se clasificó el suelo mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) utilizando la carta de plasticidad del suelo en estudio, obteniendo un suelo arcilloso de baja (CL) (Ver Tabla N°03)

4.5. Ensayo compactación proctor modificado

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del ensayo compactación proctor modificado para la muestra patrón y adiciones del aditivo iónico "Con-Aid" (Ver Anexo N° 04, 05, 06, 07)

Tabla 5: *Compactación proctor modificado*

Descripción		Muestra patrón	Adición 15% aditivo "Con-Aid"	Adición 22.5% aditivo "Con-Aid"	Adición 30% aditivo "Con-Aid"
Compactación proctor modificado	Densidad máxima seca	1.716	1.689	1.731	1.750
	Óptimo Contenido de Humedad	8.93	8.70	8.60	8.00

4.6. Ensayo California Bearing Ratio

Para obtener el CBR de cada una de las muestras, se las llevó a la prensa hidráulica, para realizar el ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min, se registró las lecturas de carga de cada muestra, cada lectura se multiplica por 7.50 (coeficiente de prensa hidráulica) para obtener la carga en libras, dicha carga se divide entre el área del pisón de 2 pulgadas para obtener el esfuerzo, dichos datos se los transforma a kilogramos (kg) y a kg/cm^2 de acuerdo a lo que demanda el protocolo para ensayo CBR.

Tabla 6: *Lecturas de penetración para muestra patrón (Ver Anexo N° 09)*

PENETRACION		MOLDE 01			MOLDE 02			MOLDE 03		
mm	pulg	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	3.00	22.50	7.16	6.00	45.00	14.32	9.00	67.50	21.49
1.27	0.05	6.00	45.00	14.32	10.00	75.00	23.87	16.00	120.00	38.20
1.91	0.08	8.00	60.00	19.10	14.00	105.00	33.42	19.00	142.50	45.36
2.54	0.10	10.00	75.00	23.87	17.00	127.50	40.58	23.00	172.50	54.91
3.18	0.13	12.50	93.75	29.84	19.00	142.50	45.36	25.00	187.50	59.68
3.81	0.15	13.00	97.50	31.04	24.00	180.00	57.30	28.00	210.00	66.85
4.45	0.18	16.00	120.00	38.20	26.00	195.00	62.07	33.50	251.25	79.98
5.08	0.20	18.00	135.00	42.97	28.00	210.00	66.85	37.00	277.50	88.33
6.35	0.25	22.00	165.00	52.52	32.00	240.00	76.39	37.50	281.25	89.52
7.62	0.30	24.00	180.00	57.30	33.50	251.25	79.98	39.00	292.50	93.11
8.89	0.35	24.50	183.75	58.49	34.00	255.00	81.17	41.00	307.50	97.88
10.16	0.40	26.00	195.00	62.07	35.00	262.50	83.56	41.50	311.25	99.07
11.43	0.45	26.50	198.75	63.26	36.00	270.00	85.94	43.00	322.50	102.65
12.70	0.50	28.00	210.00	66.85	36.50	273.75	87.14	44.00	330.00	105.04

Tabla 7: *Lecturas de penetración con incorporación de 15% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 10)*

PENETRACION		MOLDE 01			MOLDE 02			MOLDE 03		
mm	pulg	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	7.00	52.50	16.71	8.00	60.00	19.10	12.00	90.00	28.65
1.27	0.05	9.00	67.50	21.49	13.00	97.50	31.04	25.00	187.50	59.68
1.91	0.08	12.00	90.00	28.65	19.00	142.50	45.36	31.00	232.50	74.01
2.54	0.10	14.00	105.00	33.42	23.00	172.50	54.91	38.00	285.00	90.72
3.18	0.13	15.00	112.50	35.81	26.00	195.00	62.07	42.00	315.00	100.27
3.81	0.15	19.00	142.50	45.36	29.00	217.50	69.23	47.00	352.50	112.20
4.45	0.18	21.00	157.50	50.13	33.00	247.50	78.78	53.00	397.50	126.53
5.08	0.20	23.00	172.50	54.91	36.00	270.00	85.94	59.00	442.50	140.85
6.35	0.25	25.00	187.50	59.68	38.00	285.00	90.72	63.00	472.50	150.40
7.62	0.30	27.00	202.50	64.46	39.00	292.50	93.11	65.00	487.50	155.18
8.89	0.35	29.50	221.25	70.43	39.50	296.25	94.30	67.00	502.50	159.95
10.16	0.40	30.00	225.00	71.62	41.00	307.50	97.88	69.00	517.50	164.73
11.43	0.45	31.00	232.50	74.01	41.50	311.25	99.07	70.00	525.00	167.11
12.70	0.50	31.50	236.25	75.20	42.00	315.00	100.27	70.50	528.75	168.31

Tabla 8: *Lecturas de penetración con incorporación de 22.5% aditivo "Con-Aid" (Ver Anexo N° 11)*

PENETRACION		MOLDE 01			MOLDE 02			MOLDE 03		
		N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2
mm	pulg									
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	9.00	67.50	21.49	12.00	90.00	28.65	16.00	120.00	38.20
1.27	0.05	12.00	90.00	28.65	18.00	135.00	42.97	23.00	172.50	54.91
1.91	0.08	14.00	105.00	33.42	23.00	172.50	54.91	34.00	255.00	81.17
2.54	0.10	18.00	135.00	42.97	27.00	202.50	64.46	44.00	330.00	105.04
3.18	0.13	21.00	157.50	50.13	29.00	217.50	69.23	54.00	405.00	128.92
3.81	0.15	24.00	180.00	57.30	33.00	247.50	78.78	58.00	435.00	138.46
4.45	0.18	27.00	202.50	64.46	38.00	285.00	90.72	62.00	465.00	148.01
5.08	0.20	31.00	232.50	74.01	45.00	337.50	107.43	72.00	540.00	171.89
6.35	0.25	33.00	247.50	78.78	47.00	352.50	112.20	76.00	570.00	181.44
7.62	0.30	35.00	262.50	83.56	48.50	363.75	115.79	78.00	585.00	186.21
8.89	0.35	35.50	266.25	84.75	49.00	367.50	116.98	79.00	592.50	188.60
10.16	0.40	36.00	270.00	85.94	51.00	382.50	121.75	81.00	607.50	193.37
11.43	0.45	37.00	277.50	88.33	52.00	390.00	124.14	81.50	611.25	194.57
12.70	0.50	38.00	285.00	90.72	52.50	393.75	125.33	83.00	622.50	198.15

Tabla 9: *Lecturas de penetración con incorporación de 30% aditivo "Con-Aid" (Ver Anexo N° 12)*

PENETRACION		MOLDE 01			MOLDE 02			MOLDE 03		
		N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2	N° de Divisiones	CARGA lb	ESFUERZO Lb/in2
mm	pulg									
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.03	12.00	90.00	28.65	15.00	112.50	35.81	23.00	172.50	54.91
1.27	0.05	16.00	120.00	38.20	21.00	157.50	50.13	35.00	262.50	83.56
1.91	0.08	18.00	135.00	42.97	26.00	195.00	62.07	41.00	307.50	97.88
2.54	0.10	21.00	157.50	50.13	29.00	217.50	69.23	47.00	352.50	112.20
3.18	0.13	25.00	187.50	59.68	33.00	247.50	78.78	54.00	405.00	128.92
3.81	0.15	29.00	217.50	69.23	38.00	285.00	90.72	61.00	457.50	145.63
4.45	0.18	33.00	247.50	78.78	41.50	311.25	99.07	66.00	495.00	157.56
5.08	0.20	35.00	262.50	83.56	47.00	352.50	112.20	75.00	562.50	179.05
6.35	0.25	41.00	307.50	97.88	47.50	356.25	113.40	79.00	592.50	188.60
7.62	0.30	44.00	330.00	105.04	49.00	367.50	116.98	80.00	600.00	190.99
8.89	0.35	46.00	345.00	109.82	51.50	386.25	122.95	80.50	603.75	192.18
10.16	0.40	47.00	352.50	112.20	53.00	397.50	126.53	81.00	607.50	193.37
11.43	0.45	48.00	360.00	114.59	54.00	405.00	128.92	82.00	615.00	195.76
12.70	0.50	50.00	375.00	119.37	55.00	412.50	131.30	85.00	637.50	202.92

A continuación, se muestran las gráficas de esfuerzo vs penetración de acuerdo a lo calculado tanto para la muestra patrón como para las 3 diferentes incorporaciones.

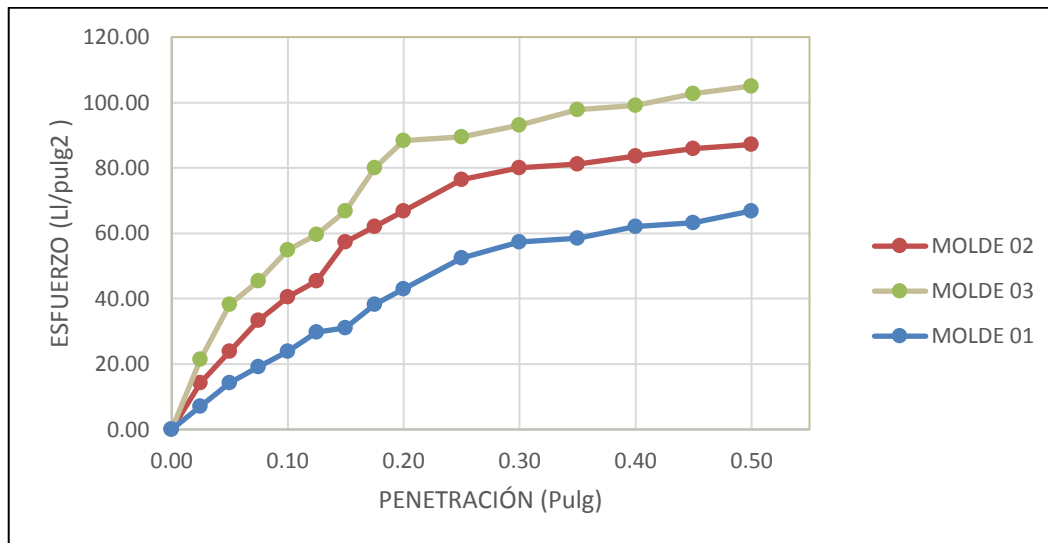


Figura 19: Esfuerzo vs penetración muestra patrón (Ver Anexo N° 09)

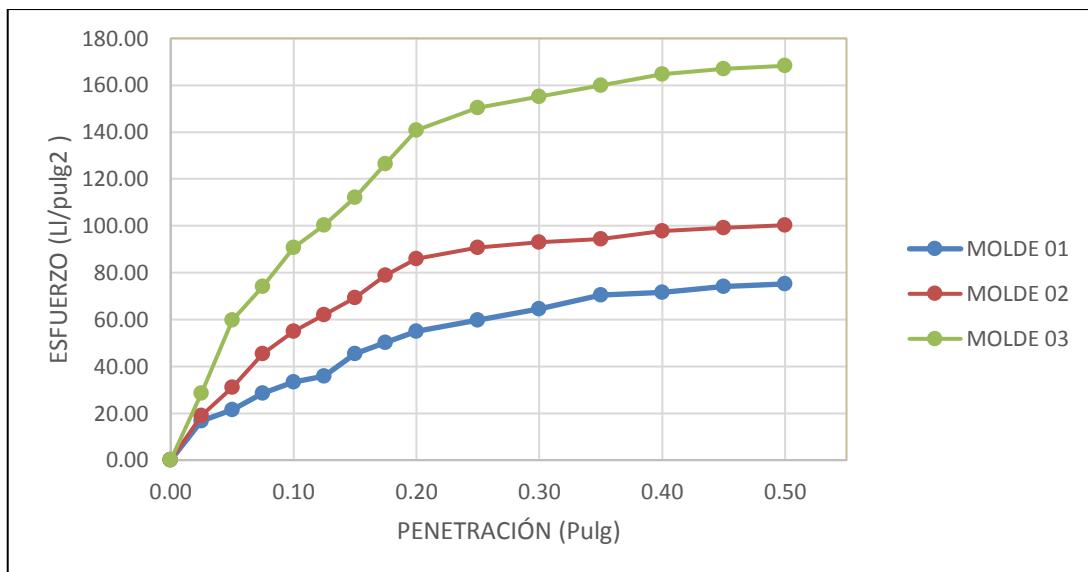


Figura 20: Esfuerzo vs penetración muestra con incorporación de 15% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 10)

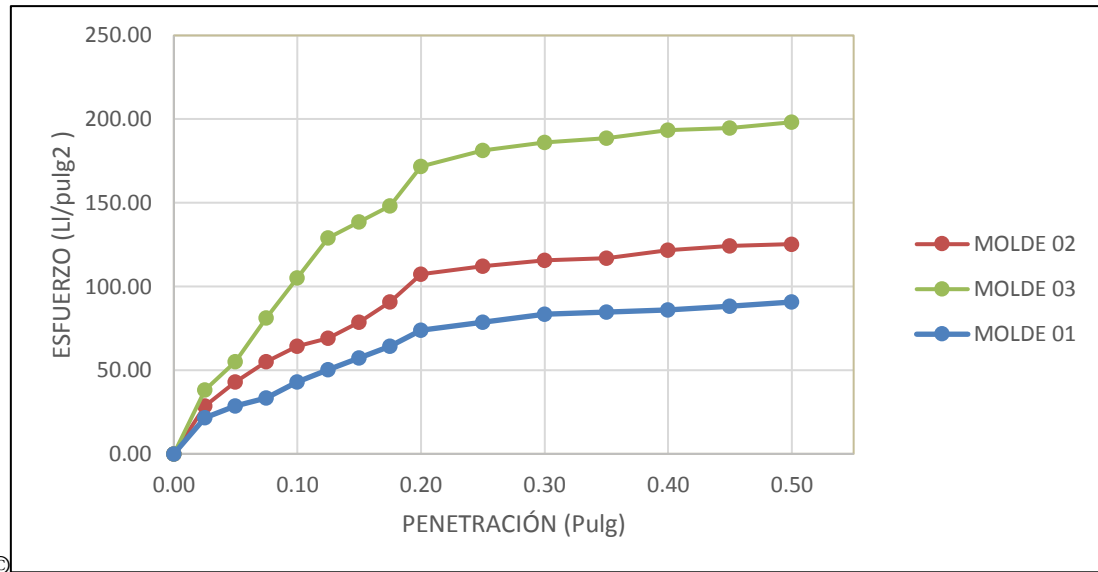


Figura 21: Esfuerzo vs penetración muestra con incorporación de 22.5% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 11)

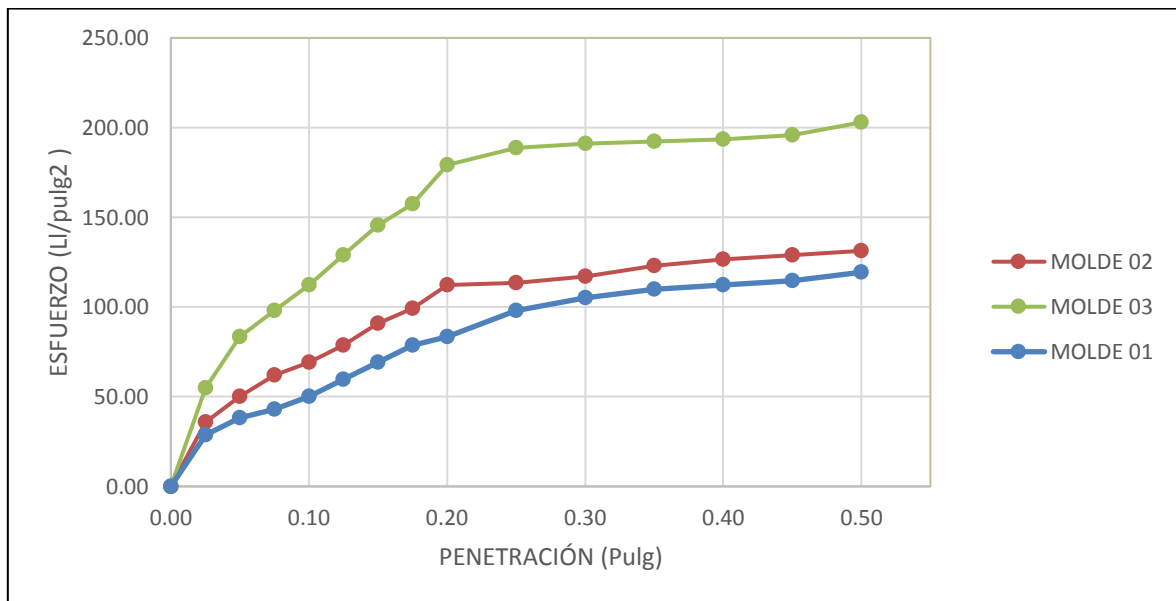


Figura 22: Esfuerzo vs penetración muestra con incorporación de 30% aditivo “Con-Aid” (Ver Anexo N° 12)

En las siguientes figuras se muestra el CBR de cada muestra, intersecada con la densidad seca máxima obtenida del ensayo Proctor Modificado.

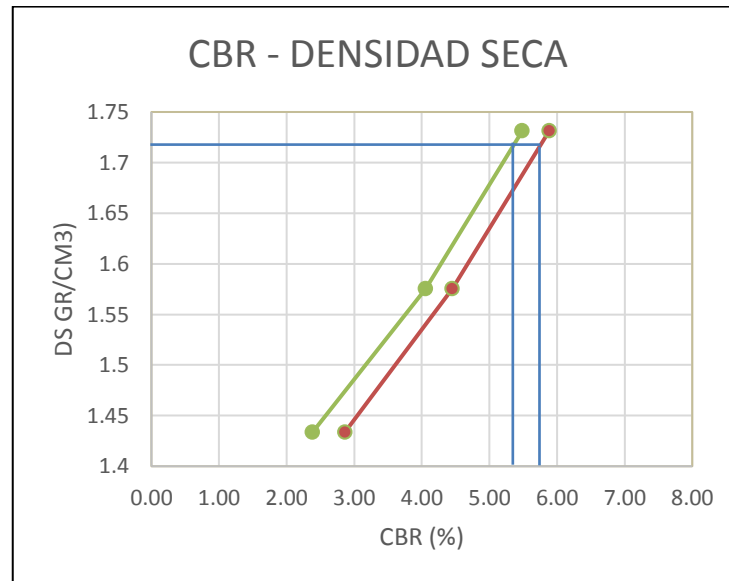


Figura 23: CBR – Densidad seca, muestra patrón (Ver Anexo N° 09)

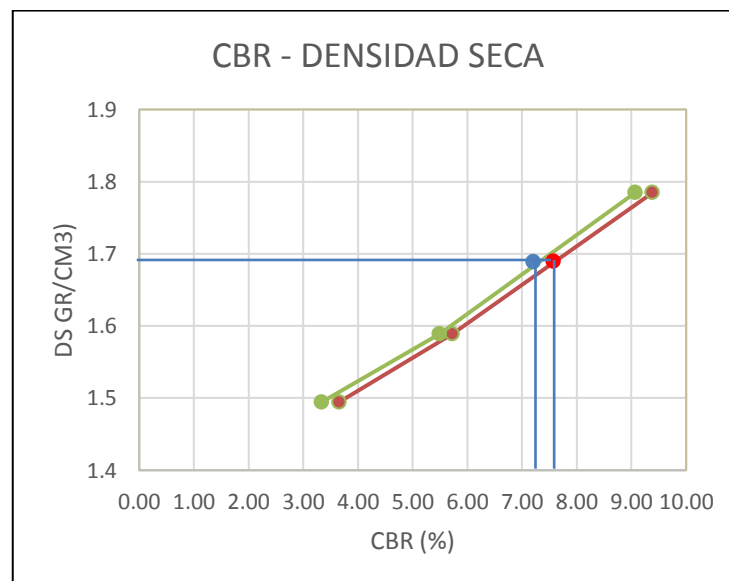


Figura 24: CBR – Densidad seca muestra con incorporación de 15% aditivo “Con-Aid”
(Ver Anexo N° 10)

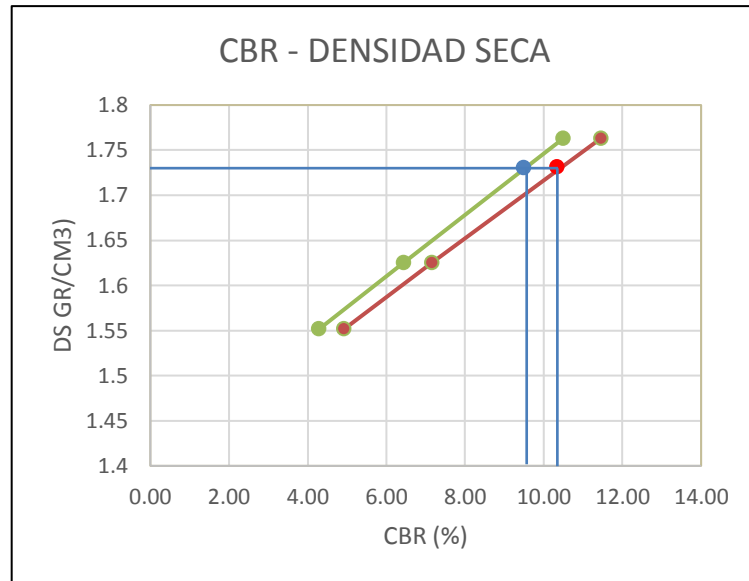


Figura 25: CBR – Densidad seca muestra con incorporación de 22.5% aditivo “Con-Aid”
(Ver Anexo N° 11)

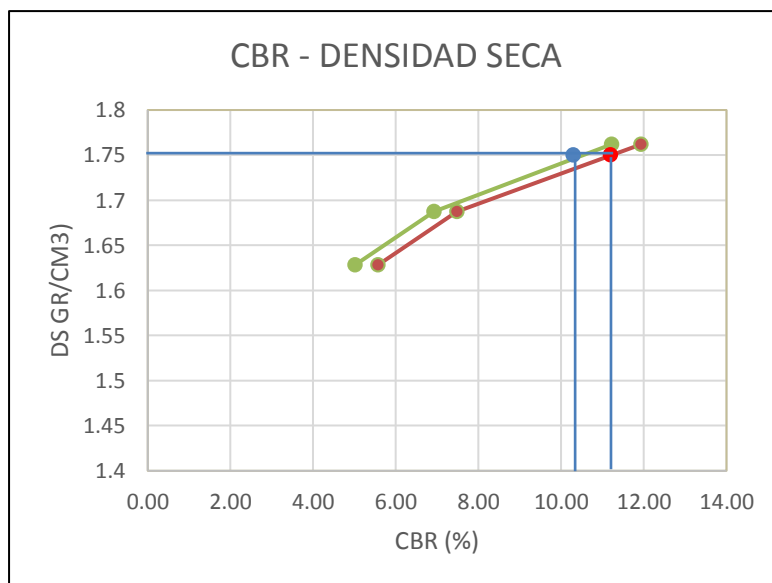


Figura 26: CBR – Densidad seca muestra con incorporación de 30% aditivo “Con-Aid”
(Ver Anexo N° 12)

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del ensayo California Bearing Ratio para la muestra patrón y adiciones del aditivo iónico “Con-Aid”

Tabla 10: *California Bearing Ratio (CBR) (Ver Anexo N° 15)*

Descripción		Muestra patrón	Adición 15% aditivo "Con-Aid"	Adición 22.5% aditivo "Con-Aid"	Adición 30% aditivo "Con-Aid"
California Bearing Ratio (CBR)	CBR 0.1"	5.32	7.21	9.50	10.30
	CBR 0.2"	5.72	7.58	10.35	11.20

CAPÍTULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

5.1. DISCUSIÓN

5.1.1. Límites de Atterberg

En las figuras 27, 28 y 29 se muestra que a medida que aumentamos la cantidad de incorporación del aditivo "Con-Aid" observamos que disminuye el límite líquido y aumenta el límite plástico disminuyendo su índice de plasticidad, lo cual cumple con las especificaciones de dicho aditivo de acuerdo a lo que nos menciona la empresa fabricante que logra disminuir la plasticidad del suelo arcilloso el cual adquiere mayor densidad, se muestran las siguientes figuras comparando los resultados de dicho ensayo (Ver Anexo N° 08)

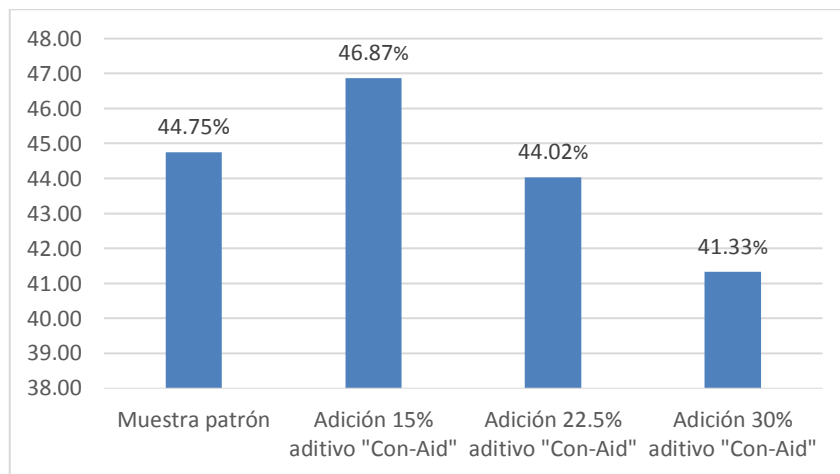


Figura 27: Comparación ensayos de límite líquido.

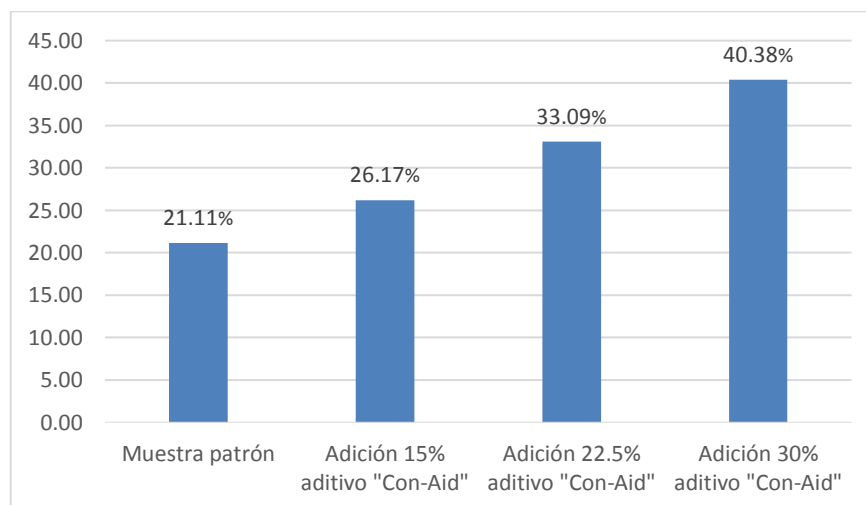


Figura 28: Comparación ensayos de límite plástico.

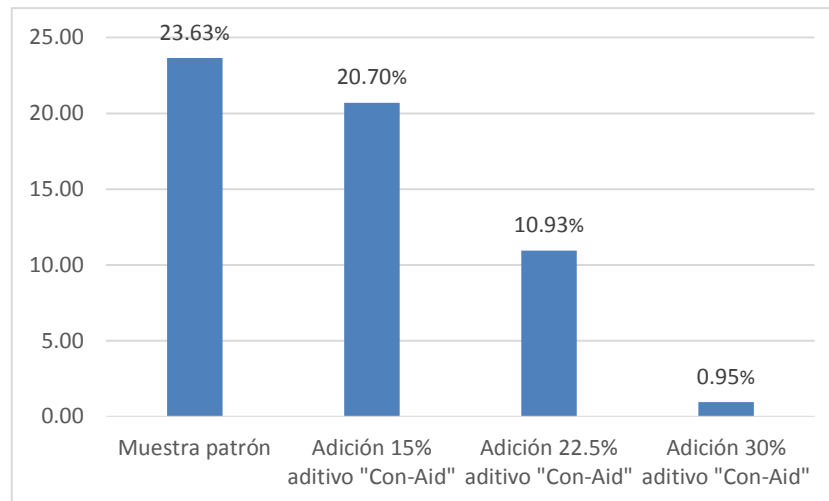


Figura 29: Comparación ensayos de índice de plasticidad

5.1.2. Compactación proctor modificado

En el presente ensayo se obtuvieron resultados de óptimo contenido de humedad y densidad seca máxima, en primera instancia, la muestra inalterada o llamada muestra patrón presenta un óptimo contenido de humedad de 8.93% y al incorporar 30% de aditivo “Con-Aid” disminuye a un 8.00%, estos resultados afirman lo especificado en el producto “Con-Aid” que al ser incorporado en un suelo arcilloso elimina la capa de agua retenida y reemplaza estos vacíos por una cantidad de aditivo, logrando una mayor densidad del suelo y aumenta su capacidad portante o CBR, al comparar densidad seca, la muestra patrón muestra 1.716 gr/cm^3 y al incorporar 30% de aditivo “Con-Aid” aumenta a un 1.750 gr/cm^3 tal y como se muestra en las figuras 30 y 31, se demuestra lo planteado por Núñez, (2015) que al incorporar más aditivo al suelo, éste, adquiere una mayor densidad seca, disminuyendo su óptimo contenido de humedad.

A continuación, se muestra la comparación entre los resultados obtenidos en el ensayo de compactación proctor modificado (Ver Anexo N° 08):

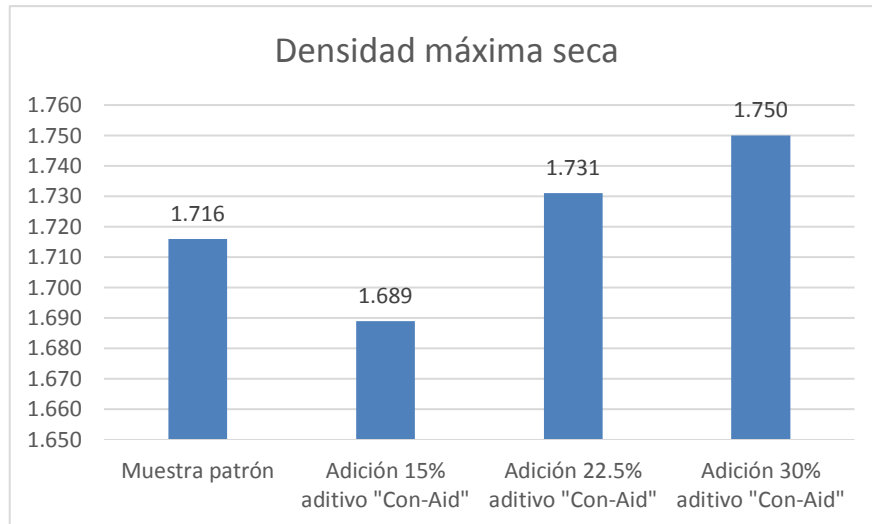


Figura 30: Comparación densidad seca máxima

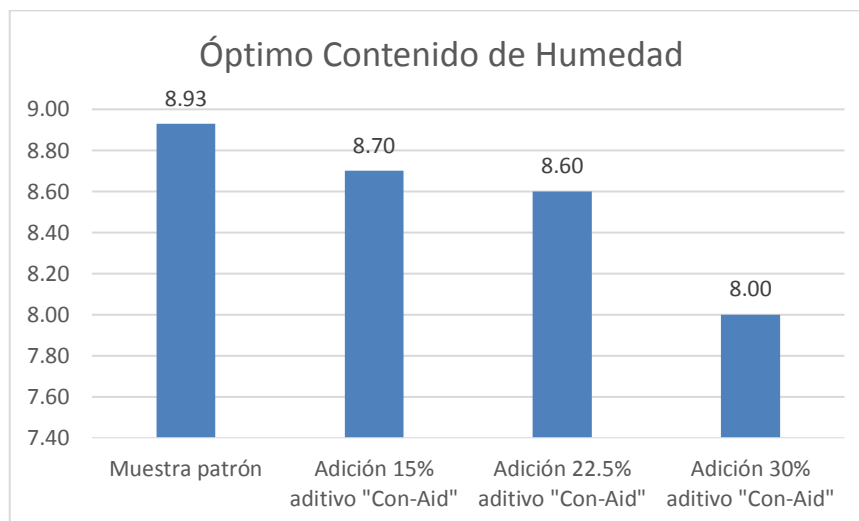


Figura 31: Comparación contenido óptimo de humedad

5.1.3. California Bearing Ratio

Al realizar los ensayos de CBR observamos que la capacidad portante del suelo arcilloso en estudio aumenta hasta casi el 100% de la muestra patrón al incrementar el porcentaje de incorporación de aditivo como se muestra en las figuras 32 y 33, validando la hipótesis planteada.

De acuerdo a los ensayos previos, se verifica lo dicho por Núñez, (2015) y Palomino, (2016) que a medida que se aumenta el porcentaje de estabilizador al suelo arcilloso, aumenta su capacidad portante significativamente.

Se obtuvo resultados CBR para la muestra patrón de 5.32% a 0.1", 5.72% a 0.2" el cual es clasificado como subrasante mala e incorporando 22.50% de aditivo "Con-Aid" 10.30% a 0.1", 11.20% a 0.2", es decir dicho material podría ser clasificado como una subrasante regular o buena.

Tabla 11: *Uso del suelo de acuerdo a su CBR*

Clasificación	CBR (%)
Subrasante muy mala	0 a 5
Subrasante mala	05 a 10
Subrasante regular a buena	10 a 20
Subrasante muy buena	20 a 30
Sub-base buena	30 a 50
Base buena	50 a 80
Base muy buena	80 a 100

Fuente: Crespo, 2012.

A continuación, se muestra la comparación entre los resultados obtenidos en el ensayo de California Bearing Ratio (Ver Anexo N° 15):

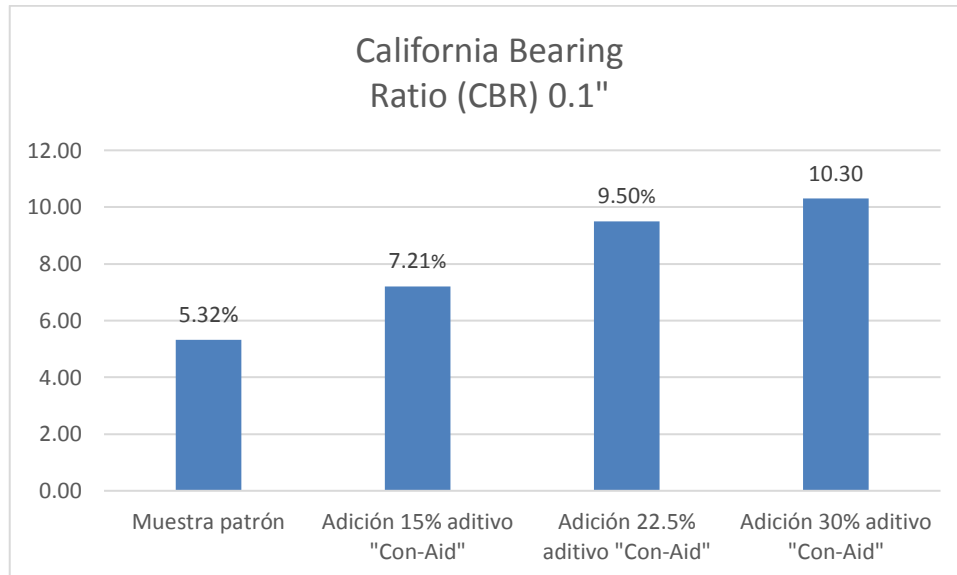


Figura 32: Comparación de resultados del CBR a 0.1"

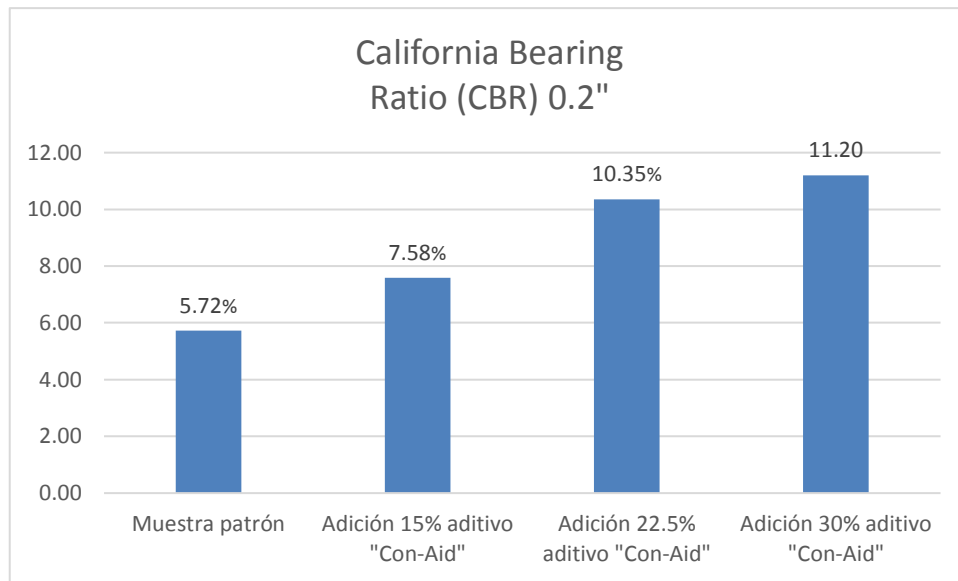


Figura 33: Comparación de resultados del CBR a 0.2”

5.2. CONCLUSIONES

1. La hipótesis planteada en dicha investigación, ha sido demostrada, ya que, a medida que aumenta el porcentaje de incorporación de aditivo “Con-Aid”, aumenta significativamente el CBR del suelo arcilloso en estudio, logrando una mayor compactación y disminuyendo su Índice de Plasticidad.
2. Se determinó mediante la clasificación SUCS que, el suelo estudiado de la cantera “El Cerrillo” es una arcilla de baja plasticidad (CL), se realizó la varianza entre los resultados de Índice de Plasticidad el cual disminuye al incorporar cantidades de aditivo “Con-Aid”; muestra patrón: Índice de plasticidad de: 23.63%, con incorporación de 15% de aditivo “Con-Aid”: 20.70%, con incorporación de 22.5% de aditivo “Con-Aid”: 10.93%, con incorporación de 30% de aditivo “Con-Aid”: 0.95%
3. Se obtuvieron los siguientes datos del ensayo California Bearing Ratio (CBR) al incorporar 15%, 22.50% y 30% de aditivo iónico al suelo arcilloso, la muestra patrón, con CBR a 0.1”: 5.32%, incorporando el 15% de aditivo iónico: 7.21%, incorporando el 22.50% de aditivo iónico: 9.50%, incorporando el 30% de aditivo iónico: 10.30%; igualmente para 0.2” la muestra patrón, con CBR a 0.2”: 5.72%, incorporando el 15% de aditivo iónico: 7.58 %, incorporando el 22.50% de aditivo iónico: 10.35%, incorporando el 30% de aditivo iónico: 11.20%
4. Se concluye que dicho aditivo “Con-Aid” mejora la capacidad portante en el suelo arcilloso, logrando un aumento de 93.61% de CBR a 0.1” al agregar 30% de aditivo “Con-Aid” y un aumento de 95.80% de CBR a 0.2” al agregar 30% de dicho aditivo; es decir, dicho suelo en estudio pasa de ser una sub rasante mala a ser clasificado como una subrasante regular o buena.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda aplicar este método en suelos que contengan partículas finas (limos y arcillas). Es inútil tratar aquellos suelos que no presentan plasticidad como las arenas limpias (A-3 AASHTO). En estos casos se deberá agregar material arcilloso, en proporciones que se definirán por ensayos específicos. Los suelos de alto contenido orgánico (A-8), no son adecuados por su alta proporción de materiales degradables.
2. Realizar investigaciones con los aditivos estabilizadores de suelos que han dado mejores resultados en los suelos arcillosos en estudio en el Perú, para poder generar uno propio con la finalidad de obtener un producto nacional que sea aplicable a nuestra realidad y sea puesto en marcha.
3. Se recomienda usar dichos datos de la presente tesis en investigaciones futuras acerca de estabilizante iónico aplicado a suelos granulares para poder realizar dosificaciones con suelos finos con la finalidad de reducir el costo en obras de esta ideología.
4. Investigar el comportamiento en el ensayo triaxial de probetas con adición de aditivo iónico “Con Aid” para establecer el ángulo de fricción interna y la cohesión producida por dicho aditivo con la muestra de suelo.
5. Para tener resultados óptimos se recomienda usar aditivo iónico en 30% del óptimo contenido de humedad ya que con esta dosificación se obtuvo un CBR mayor al 90%.

REFERENCIAS

1. Braja, D. (1998). *Principles of geotechnical engineering*. España: ITP.
2. MTC (2008)-Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
3. MTC 115 (2000) – Método de ensayo Proctor modificado.
4. MTC E 1109 (2004) - Norma técnica de estabilizadores químicos.
5. MTC E132 (2000) – Método de ensayo de CBR para suelos.
6. NTP 339.127 (1999) – Contenido de humedad.
7. NTP 339.128 (1999) – Análisis granulométrico.
8. NTP 339.134 (1999) – Clasificación SUCS.
9. NTP E339.130 (1999) – Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.
10. Núñez Huamán, X. (2015). *Análisis de la estabilización del material de cantera km 02+700 de la ruta cu-123 san jerónimo Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico*. (Tesis de Título). Universidad Andina del Cuzco, Perú.
11. Palomino Terán, K. (2016). *Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador Maxxseal 100* (Tesis de Título). Universidad Privada del Norte, Perú.
12. Ravines Merino, M. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras*. (Tesis de Título). Universidad de Piura, Perú.
13. Silva Arce, M. (2016). *Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX160, aplicado a un tramo de la calle Alemania-la Molina-Cajamarca*. (Tesis de Título). Universidad Privada del Norte, Perú.
14. Urgaz R. (2001). *Ensayos de estabilización de suelos con aditivo RBI-8*. Lima: Limusa
15. Valle, A. (2010) *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos*, Madrid: Limusa
16. Whitman, R. (1989). *Mecánica de Suelos*, México: Limusa

ANEXOS

FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO “CON-AID”



ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CON-AID SUPER

CON-AID SUPER es un Compuesto Aniónico Sintético con propiedades activantes de superficies, especialmente producido por CON-AID International (PTY) LTD para propósitos de estabilización de suelos, aprobado y conforme a las siguientes especificaciones:

- Totalmente dispersable en agua. Nótese que CON-AID SUPER deberá ser prediluido 1:1 con agua y mezclado, antes de adicionarlo al agua del equipo regador.
- No inflamable.
- No corrosivo.
- No peligroso.
- No tóxico.
- Totalmente benigno para el usuario y el medio ambiente.
- Color: Marrón chocolate.
- Aniónico activo (%) = 23 como mínimo.
- Contenido de sólidos (%) = 23 como mínimo (Secado a 110°C máximo)
- PH = $0,85 \pm 0,15$ (No corrosivo a dilución de trabajo)
- Viscosidad cPs = 600 ± 100 (a 25 °C) (Coaxial Rion - Rotor 3 - Bajo rango Modelo VA-04)
- Peso específico a 25 °C = $1,01 \pm 0,015$

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1: *Obtención de la muestra de la cantera “El Cerrillo”*



Fotografía 2: *Secado a temperatura de ambiente del suelo obtenido para ser ensayado.*



Fotografía 3: Preparación de la muestra para el ensayo de contenido de humedad



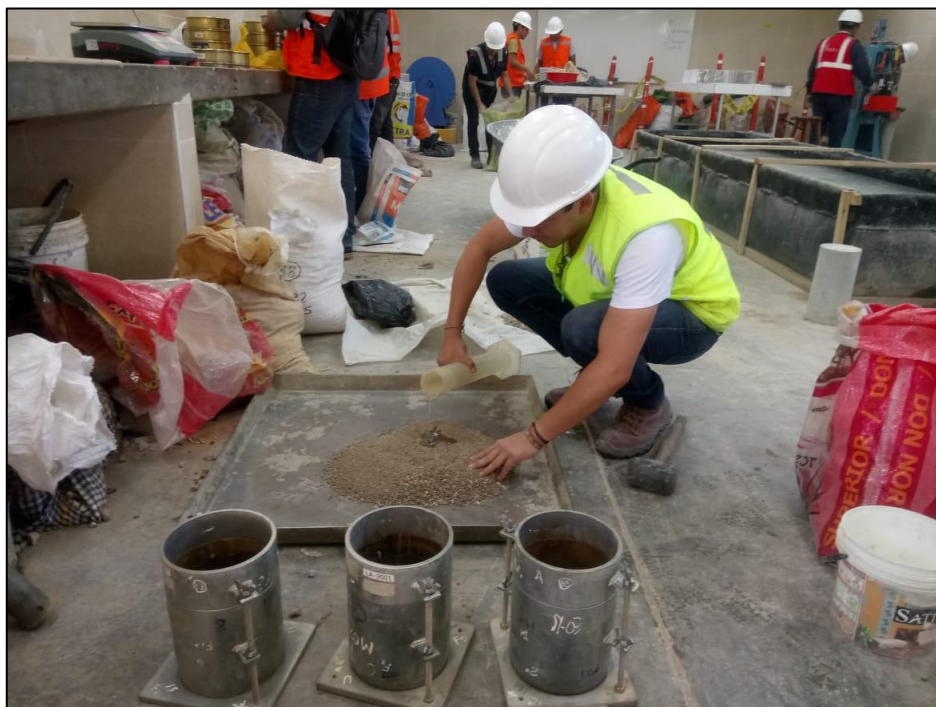
Fotografía 4: *Segunda visita a la cantera “El Cerrillo”, extracción de muestra para ensayos de proctor modificado y CBR*



Fotografía 5: *Asesoramiento en el ensayo California Bearing Ratio -CBR*



Fotografía 6: *Se aprecia al tesista mezclando aditivo “Con-Aid” en distintos porcentajes para ensayo CBR*



Fotografía 7: Preparación y ajuste de moldes CBR para realizar el ensayo de compactación



Fotografía 8: Lecturas de penetración en Prensa Hidráulica con el asesoramiento del laboratorista.



PROTOCOLOS DE ENSAYOS



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGTL-LS-UPNC:
NORMA:	ASTM D421	
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO "CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"	

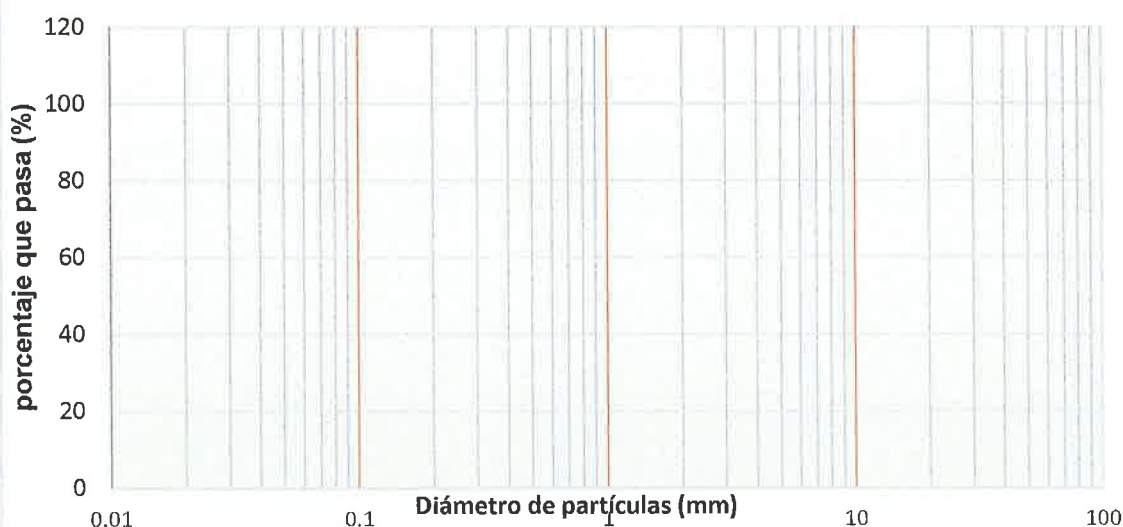
CANTERA:	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Contero de Cero
UBICACIÓN:	Cerrillo - Baños del Inca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08 - 05 - 18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	14 - 05 - 18	REVISADO POR:	Ravines Azañero, Irene

Peso de muestra seca; Ws 500 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4,76	0	0	0	100
Nº10	2	6.10	1.22	1.22	98.78
Nº20	0,84	17.60	3.52	4.74	95.26
Nº30	0,59	19.50	3.90	8.64	91.36
Nº40	0,42	22.20	4.44	13.08	86.92
Nº60	0,25	56.30	11.26	24.34	75.66
Nº100	0,15	46.10	9.22	33.56	66.44
Nº200	0,074	35.20	7.04	40.60	59.40
Perdida	Lavado	297.00			
Total					

Curva granulométrica



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 181276	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Ravines Azañero
FECHA: 14/05/18	FECHA: 14/05/18	FECHA: 14/05/18



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:

CONTENIDO DE HUMEDAD

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

CH-LS-UPNC:

NORMA:

MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO
"CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"

CANTERA:

Cerrillo

TIPO DE CANTERA:

Cantero de Cerro

UBICACIÓN:

Cerrillo - Baños del Inca

TIPO DE MATERIAL:

Arcillo

FECHA DE MUESTREO:

08-05-18

RESPONSABLE:

Ruiz Correa, Alhexis

FECHA DE ENSAYO:

16-05-18

REVISADO POR:

Rovines Azoñero, Irene

Temperatura de Secado

110 °C

Método

Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4	5	6
A	Identificación del recipiente o Tara	-	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
B	Peso del recipiente	gr	37.10	39.00	38.90	39.40	37.70	39.80
C	Recipiente + Material Natural	gr	137.10	139.00	138.90	139.40	137.70	139.80
D	Recipiente + Material Seco	gr	117.10	119.30	119.20	119.40	118.10	120.20
E	Peso del material húmedo (W _w) = C - B	gr	100	100	100	100	100	100
F	Peso del material seco (W _s) = D - B	gr	80.00	80.30	80.30	80.00	80.40	80.40
W%	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%	25.00	24.53	24.53	25.00	24.38	24.38
G	Promedio Porcentaje de Humedad	%						

$$(W\%) = \frac{W_w - W_s}{W_s} * 100$$

Nota: Material hace mención tanto al suelo como a los agregados grueso y fino.

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 181274	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovines Azoñero
FECHA: 16/05/18	FECHA: 16/05/18	FECHA: 16/05/18



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:

LIMITES DE PLASTICIDAD

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

LP-LS-UPNC:

NORMA:

ASTM D4318 / NTP E339.129

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO
"CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"

CANtera:

Cerrillo

TIPO DE CANtera:

Cantera de Cerro

UBICACIÓN:

Cerrillo - Baños del Inca

TIPO DE MATERIAL:

Arcilla

FECHA DE MUESTREO:

08-05-18

RESPONSABLE:

Ruiz Correa, Alhexis

FECHA DE ENSAYO:

21-05-18

REVISADO POR:

Ravines Azoñero, Irene

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO - MUESTRA PATRÓN

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T ₁	T ₂	T ₃
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	41.30	41.50	41.40
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	35.20	35.60	35.60
D	Peso de Recipiente	gr	22.20	22.20	22.20
E	Peso del Agua	gr	6.10	5.90	5.80
F	Peso Suelo Seco	gr	13.00	13.40	13.40
G	Número de Golpes	N°	15	23	30
H	Contenido de Humedad	%	46.92	44.03	43.28
I	Límite Líquido	%	44.75		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T ₁	T ₂	T ₃
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	24.00	24.40	23.70
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	23.70	24.00	23.49
D	Peso de Recipiente	gr	22.20	22.20	22.20
E	Peso del Agua	gr	1.50	1.80	1.20
F	Peso Suelo Seco	gr	0.30	0.40	0.30
G	Contenido de Humedad	%	20.00	22.22	25.00
H	Límite Plástico	%	22.41		

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO

COORDINADOR DE LABORATORIO

ASESOR

ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA
INGENIERO CIVIL
REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 191276

NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa

NOMBRE: Erick Muñoz Barboza

NOMBRE: Irene Ravines Azoñero

FECHA: 21/05/18

FECHA: 21/05/18

FECHA: 21/05/18



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	LIMITES DE PLASTICIDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.129	LP-LS-UPNC:
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO "CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"	

CANtera:	Cerrillo	TIPO DE CANtera:	Cantera de Cerrito
UBICACIÓN:	Cerrillo-Baños del Inca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	21-05-18	REVISADO POR:	Rovines Azañero, Irene

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO – ADICIÓN 15% ADITIVO "CON-AID"

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T ₁	T ₂	T ₃
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	35.20	34.80	38.30
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	31.00	30.80	33.20
D	Peso de Recipiente	gr	22.20	22.20	22.20
E	Peso del Agua	gr	4.20	4.00	5.10
F	Peso Suelo Seco	gr	8.80	8.60	11.00
G	Número de Golpes	N°	16	27	32
H	Contenido de Humedad	%	47.73	46.51	46.36
I	Límite Líquido	%	46.87		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T ₁	T ₂	T ₃
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	46.30	47.50	45.60
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	43.60	45.80	44.10
D	Peso de Recipiente	gr	34.20	38.60	37.30
E	Peso del Agua	gr	2.70	1.70	1.50
F	Peso Suelo Seco	gr	9.40	7.20	6.80
G	Contenido de Humedad	%	28.72	23.61	22.06
H	Límite Plástico	%	24.80		

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 181226	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovines Azañero
FECHA: 21/05/18	FECHA: 21/05/18	FECHA: 21/05/18



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:

LIMITES DE PLASTICIDAD

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

NORMA:

ASTM D4318 / NTP E339.129

LP-LS-UPNC:

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO
"CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"

CANtera:

Cerrillo

TIPO DE CANtera:

Contero de Cero

UBICACIÓN:

Cerrillo-Baños del Inca

TIPO DE MATERIAL:

Arcilla

FECHA DE MUESTREO:

08-05-18

RESPONSABLE:

Ruiz Correa, Alhexis

FECHA DE ENSAYO:

21-05-18

REVISADO POR:

Ravines Azóñero, Irene

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO - ADICIÓN 22.5% ADITIVO "CON-AID"

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T ₁	T ₂	T ₃
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	48.0	47.2	49.3
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	39.9	39.6	41.2
D	Peso de Recipiente	gr	22.2	22.2	22.2
E	Peso del Agua	gr	8.1	7.6	8.1
F	Peso Suelo Seco	gr	17.7	17.4	19.0
G	Número de Golpes	N°	17	26	35
H	Contenido de Humedad	%	45.16	43.68	42.63
I	Límite Líquido	%		44.02	

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T ₁	T ₂	T ₃
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	47.9	45.5	47.5
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	45.8	44.1	45.1
D	Peso de Recipiente	gr	40.0	39.8	39.8
E	Peso del Agua	gr	2.1	1.4	1.8
F	Peso Suelo Seco	gr	5.8	4.3	5.9
G	Contenido de Humedad	%	36.21	32.56	30.51
H	Límite Plástico	%		33.09	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO

COORDINADOR DE LABORATORIO

ASESOR

ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA
INGENIERO CIVIL
REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 181276

NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa

NOMBRE: Erick Muñoz Barboza

NOMBRE: Irene Ravines Azóñero

FECHA: 21/05/18

FECHA: 21/05/18

FECHA: 21/05/18



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	LIMITES DE PLASTICIDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.129	LP-LS-UPNC:
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO "CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"	

CANtera:	Cerrillo	TIPO DE CANtera:	Conteo de Ceno
UBICACIÓN:	Cenillo-Baños del Sero	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	21-05-18	REVISADO POR:	Ravines Azanero, Irene

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO – ADICIÓN 30% ADITIVO "CON-AID"

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T ₁	T ₂	T ₃
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	41.30	43.20	42.40
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	35.40	37.10	36.80
D	Peso de Recipiente	gr	13.20	14.90	14.60
E	Peso del Agua	gr	5.90	6.10	5.60
F	Peso Suelo Seco	gr	13.20	14.90	14.60
G	Número de Golpes	N°	16	24	34
H	Contenido de Humedad	%	44.70	40.94	38.36
I	Límite Líquido	%	41.33		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T ₁	T ₂	T ₃
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	44.50	43.10	45.10
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	43.10	42.10	43.80
D	Peso de Recipiente	gr	40.00	39.80	39.80
E	Peso del Agua	gr	1.40	1.00	1.30
F	Peso Suelo Seco	gr	3.10	2.30	4.00
G	Contenido de Humedad	%	45.10	43.48	32.50
H	Límite Plástico	%	40.38		

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 1145	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Ravines Azanero
FECHA: 21/05/18	FECHA: 21/05/18	FECHA: 21/05/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO: COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA: MTC 115 / ASTM D 1557

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

CPM-LS-UPNC:

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO
"CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"

CANTERA:	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Cantera de Cerrillo
UBICACIÓN:	Cerrillo - Baños del Inca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis.
FECHA DE ENSAYO:	28-05-18	REVISADO POR:	Rovines Azcoñero, Irene

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - MUESTRA PATRÓN

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4184		4184		4184		4184	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5834		5930		5945		5960	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1650		1746		1761		1776	
D	Volumen Muestra húmeda	cm ³	937.38		937.38		937.38		937.38	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.760		1.863		1.879		1.895	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	85.8	39.4	39.0	37.8	22.2	22.2	40.0	39.3
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	110.5	121.1	129.0	130.6	76.6	72.3	133.7	149.8
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	109.5	116.8	122.1	123.3	72.0	67.9	123.3	137.2
K	Peso del Agua	gr	1.0	4.3	6.9	7.3	4.6	4.4	10.4	12.6
L	Peso Muestra seca	gr	23.7	77.4	83.1	85.5	49.8	45.7	83.3	97.9
M	Contenido de Humedad W%	%	4.22	5.56	8.30	8.54	9.24	9.63	12.48	12.87
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	4.89		8.42		9.43		12.68	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.678		1.718		1.717		1.681	

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Nº 181274	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovines Azcoñero
FECHA: 28/05/18	FECHA: 28/05/18	FECHA: 28/05/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO: COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA: MTC 115 / ASTM D 1557

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
CPM-LS-UPNC:PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO
"CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"

CANTERA:	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Conteno de Cerro
UBICACIÓN:	Cerrillo - Barrios del Inca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	28-05-18	REVISADO POR:	Rovines Azuñero, Irene

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO – ADICIÓN 15% ADITIVO "CON-AID"

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4184		4184		4184		4184	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5805		5895		5910		5915	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1621		1711		1726		1731	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	937.38		937.38		937.38		937.38	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	1.729		1.825		1.841		1.847	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.2	27.4	28.2	27.5	22.2	22.2	22.2	22.2
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	145.9	154.2	123.4	129.1	144.5	137.6	116.7	123.6
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	138.9	146.5	116.3	121.3	134.1	128.1	107.8	113.8
K	Peso del Agua	gr	7.0	7.7	7.1	7.8	10.4	9.5	8.9	9.8
L	Peso Muestra seca	gr	111.7	119.1	88.1	93.8	111.9	105.9	85.6	91.6
M	Contenido de Humedad W%	%	6.27	6.47	8.06	8.32	9.29	8.97	10.4	10.7
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	6.37		8.19		9.13		10.55	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	1.626		1.687		1.687		1.670	

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 181273	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovines Azuñero
FECHA: 28/05/18	FECHA: 28/05/18	FECHA: 28/05/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO: COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA: MTC 115 / ASTM D 1557

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
CPM-LS-UPNC:PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO
"CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"

CANTERA:	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Conteño de Cerrito
UBICACIÓN:	Cerrillo-Baños del Inca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	30-05-18	REVISADO POR:	Ravines Azóñero, Irene

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO – ADICIÓN 22.5% ADITIVO "CON-AID"

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4184		4184		4184		4184	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5845		5920		5960		5970	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1661		1736		1776		1786	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	937.38		937.38		937.38		937.38	
F	Densidad húmeda; D_h	gr/cm3	1.772		1.852		1.895		1.905	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	39.6	39.4	37.4	36.9	37.8	74.9	85.9	73.2
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	151.6	152.3	139.2	145.5	151.4	201.8	213.4	190.7
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	145.2	146.3	150.9	137.8	141.2	190.3	200.0	178.8
K	Peso del Agua	gr	6.4	6.0	8.3	7.7	10.2	11.5	13.4	11.9
L	Peso Muestra seca	gr	105.6	106.9	113.5	100.9	103.4	115.4	114.1	106.6
M	Contenido de Humedad W%	%	6.06	5.61	7.31	7.63	9.86	9.97	11.74	11.27
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	5.84		7.47		9.91		11.51	
O	Densidad Seca Máxima; D_s	gr/cm3	1.674		1.723		1.724		1.709	

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 161213	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Ravines Azóñero
FECHA: 30/05/18	FECHA: 30/05/18	FECHA: 30/05/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO: COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA: MTC 115 / ASTM D 1557

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
CPM-LS-UPNC:PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO
"CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"

CANTERA:	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Cantero de Cera
UBICACIÓN:	Cerrillo - Baños del Srca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	30-05-18	REVISADO POR:	Ravines Azoñero, Irene

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO – ADICIÓN 30% ADITIVO "CON-AID"

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4184		4184		4184		4184	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5834		5936		5978		5985	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1650		1752		1794		1801	
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	937.38		937.38		937.38		937.38	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm3	1.760		1.869		1.914		1.921	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	22.2	22.2	39.7	38.9	22.2	22.2	22.2	22.2
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	89.4	98.7	114.9	150.0	73.5	122.1	133.7	149.8
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	86.35	95.15	109.9	142.6	68.5	112.0	121.0	135.0
K	Peso del Agua	gr	3.05	3.55	5.0	7.4	5.00	10.1	12.7	14.8
L	Peso Muestra seca	gr	64.2	73.0	70.2	103.7	46.3	89.8	98.8	112.8
M	Contenido de Humedad W%	%	4.75	4.87	7.12	7.14	10.8	11.25	12.85	13.12
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	4.81		7.13		11.02		12.99	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm3	1.679		1.745		1.724		1.700	

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N. 19127	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Ravines Azoñero
FECHA: 30/05/18	FECHA: 30/05/18	FECHA: 30/05/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO "CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"	

CANTERA	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Contera de Cerro
UBICACIÓN:	Cerrillo - Boños del Inca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	04-06-18	REVISADO POR:	Rovines Azoñero, Irene

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - MUESTRA PATRÓN

DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		Antes	Des p	Antes	Desp .	Antes	Desp			
Peso Molde	gr	8810	8810	8665	8665	8405	8405			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12520	12915	12690	13005	12730	12920			
Peso Muestra húmeda	gr	3710	4105	4025	4340	4325	4515			
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2268.23	2268.23	2268.23	2268.23	2268.23	2268.23			
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm ³	1.64	1.81	1.77	1.91	1.91	1.99			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	28.7	27.9	81.9	39.8	38.7	84.3	38	39.8	84.7
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	106.5	125.5	334.3	197.9	209	373.8	219.5	211.4	360.9
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	96.8	113.6	285.1	179.6	190.5	325.4	202.9	195.6	319
Peso del Agua	gr	9.7	11.9	49.2	18.3	18.5	48.4	16.6	15.8	41.9
Peso Muestra Seca	gr	68.1	85.7	203.2	139.8	151.8	241.1	164.9	155.8	234.3
Contenido de Humedad ; W%	%	14.24	13.89	24.21	13.09	12.19	20.07	10.07	10.14	17.88
Promedio Contenido de Humedad	%	14.06			12.64			10.10		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.434		1.317	1.575		1.478	1.732		1.618

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0	1	5.40	0.5	0.389	5.50	0.2	0.156	5.50	0.1	0.078
24	2	5.30	1	0.778	5.47	0.3	0.233	5.45	0.5	0.389
48	3	5.20	2	1.556	5.42	0.8	0.623	5.43	0.7	0.545
72	4	5.15	2.5	1.946	5.39	1.1	0.856	5.40	1.0	0.778

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 131243	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovines Azoñero
FECHA: 04/06/18	FECHA: 04/06/18	FECHA: 04/06/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

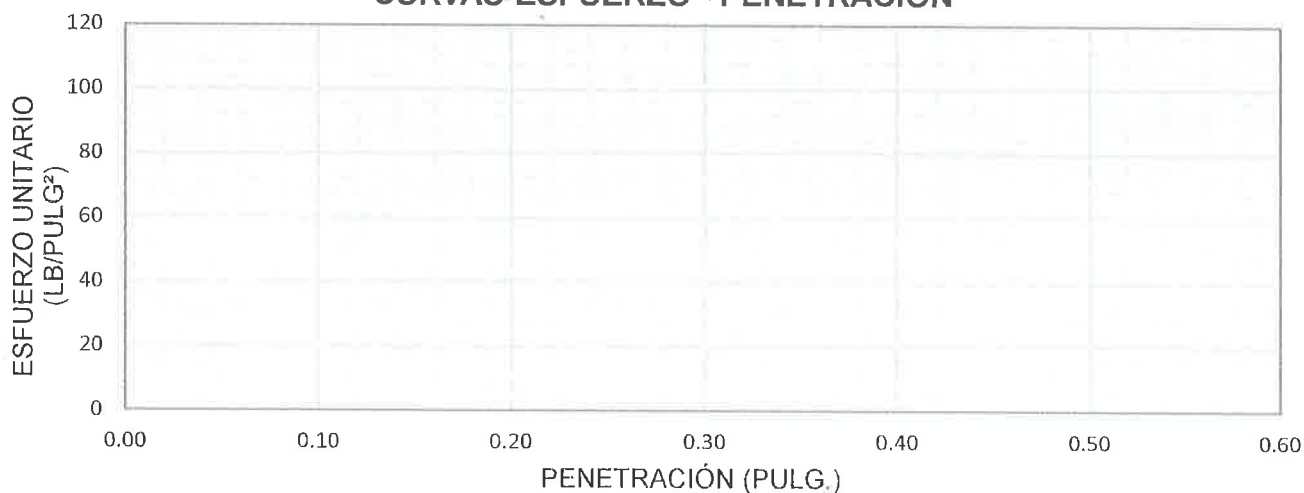
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO "CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"	

CANTERA	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Cantero de Cerro
UBICACIÓN:	Cerrillo-Bonitos del Inca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	04-06-18	REVISADO POR:	Rovines Azorero, Irene

CARGA - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	Kg	Kg/cm ²	Lb/in ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/in ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/in ²
0.00	0.000	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
0.64	0.025	49.60	0.50	7.16	49.21	1.01	14.32	148.81	1.51	21.49
1.27	0.050	99.21	1.01	14.32	165.35	1.68	23.87	264.55	2.69	38.20
1.91	0.075	132.28	1.34	19.10	231.49	2.35	33.42	314.16	3.19	45.36
2.54	0.100	165.35	1.68	23.87	281.09	2.85	40.58	380.30	3.86	54.91
3.18	0.125	206.68	2.10	29.84	314.16	3.19	45.36	413.37	4.20	59.68
3.81	0.150	214.95	2.18	31.04	396.83	4.03	57.30	462.97	4.70	66.85
4.45	0.175	264.55	2.69	38.20	429.90	4.36	62.07	553.91	5.62	79.98
5.08	0.200	297.62	3.02	42.97	462.97	4.70	66.85	611.78	6.21	88.33
6.35	0.250	363.76	3.69	52.52	529.11	5.37	76.39	620.05	6.29	89.52
7.62	0.300	396.83	4.03	57.30	553.91	5.62	79.98	644.85	6.55	93.11
8.89	0.350	405.10	4.11	58.49	562.18	5.71	81.17	677.92	6.88	97.88
10.16	0.400	429.90	4.36	62.07	578.71	5.87	83.56	686.19	6.97	99.07
11.43	0.450	438.17	4.45	63.26	595.25	6.04	85.94	710.99	7.22	102.65
12.70	0.500	462.97	4.70	66.85	603.51	6.13	87.14	727.52	7.39	105.04

CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 131235	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovines Azorero
FECHA: 04/06/18	FECHA: 04/06/18	FECHA: 04/06/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO "CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"	

CANTERA	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Cantera de Cerro
UBICACIÓN:	Cerrillo-Bosques del Inca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	11-06-18	REVISADO POR:	Rovinas Azóñero, Irene

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - ADICION 15% ADITIVO "CON-AID"

DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		Antes	Des p	Antes	Desp .	Antes	Desp			
Peso Molde	gr	8010	8010	7810	7810	7240	7240			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11704	12370	11705	12370	11670	11935			
Peso Muestra húmeda	gr	3694	4360	3895	4560	4430	4695			
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2268.23	2268.23	2268.23	2268.23	2268.23	2268.23			
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm ³	1.63	1.92	1.72	2.01	1.95	2.06			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	28.2	27.6	27.8	28.8	27.4	29.7	28.7	28.5	27.9
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	105.1	156.3	153.9	182.3	185.7	141.3	182.3	147	158.6
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	98.5	146.2	128.9	170.2	174.5	118.9	167.3	138.2	136.5
Peso del Agua	gr	6.6	10.1	25	12.1	11.2	22.4	15	8.8	22.1
Peso Muestra Seca	gr	70.3	118.6	101.1	141.4	147.1	89.2	138.6	109.7	108.6
Contenido de Humedad ; W%	%	9.39	8.52	24.73	8.56	7.61	25.11	10.82	8.02	20.35
Promedio Contenido de Humedad	%	8.95			8.09			9.42		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.445		1.306	1.589		1.373	1.785		1.623

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
24	1	4.60	0.20	0.156	4.70	0.10	0.078	4.40	0.1	0.078
48	2	4.58	0.20	0.156	4.68	0.20	0.156	4.39	0.1	0.078
72	3	4.54	0.60	0.467	4.65	0.50	0.389	4.37	0.3	0.233
96	4	4.52	0.80	0.623	4.61	0.90	0.700	4.35	0.5	0.389

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO NACIONAL DE INGENIEROS DEL PERÚ N° 131273	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovinas Azóñero
FECHA: 11/06/18	FECHA: 11/06/18	FECHA: 11/06/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

CBR-LS-UPNC:

NORMA:

MTC E132 / ASTM D188

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO
"CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"

CANTERA

Cerrillo

TIPO DE CANTERA:

Contero de Cerro

UBICACIÓN:

Cerrillo - Boñas del Inca

TIPO DE MATERIAL:

Arcillo

FECHA DE MUESTREO:

08-05-18

RESPONSABLE:

Ruiz Correa, Alhexis

FECHA DE ENSAYO:

11-06-18

REVISADO POR:

Rovines Azoñero, Irene

CARGA - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	Kg	Kg/cm ²	Lb/in ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/in ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/in ²
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	115.74	1.17	16.71	132.28	1.34	19.10	198.42	2.01	28.65
1.27	0.050	148.81	1.51	21.49	214.95	2.18	31.04	413.37	4.20	59.68
1.91	0.075	198.42	2.01	28.65	314.16	3.19	45.36	512.57	5.20	74.01
2.54	0.100	231.49	2.35	33.42	380.30	3.86	54.91	628.32	6.38	90.72
3.18	0.125	248.02	2.52	35.81	429.90	4.36	62.07	694.46	7.05	100.27
3.81	0.150	314.16	3.19	45.36	479.50	4.87	69.23	777.13	7.89	112.20
4.45	0.175	347.23	3.52	50.13	545.64	5.54	78.78	876.34	8.90	126.53
5.08	0.200	380.30	3.86	54.91	595.25	6.04	85.94	975.54	9.90	140.85
6.35	0.250	413.37	4.20	59.68	628.32	6.38	90.72	1041.68	10.57	150.40
7.62	0.300	446.44	4.53	64.46	644.85	6.55	93.11	1074.75	10.91	155.18
8.89	0.350	487.77	4.95	70.43	653.12	6.63	94.30	1107.82	11.25	159.95
10.16	0.400	496.04	5.04	71.62	677.92	6.88	97.88	1140.89	11.58	164.73
11.43	0.450	512.57	5.20	74.01	686.19	6.97	99.07	1157.43	11.75	167.11
12.70	0.500	520.84	5.29	75.20	694.46	7.05	100.27	1165.69	11.83	168.31

CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 181276	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovines Azoñero
FECHA: 11/06/18	FECHA: 11/06/18	FECHA: 11/06/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO "CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"	

CANTERA	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Conteio de Cerro
UBICACIÓN:	Cerrillo - Boños del Saca	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	11-06-18	REVISADO POR:	Rovines Azoñero, Irene

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - ADICION 22.5% ADITIVO "CON-AID"

DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		Antes	Des p	Antes	Desp .	Antes	Desp			
Peso Molde	gr	8210	8210	8925	8925	8560	8560			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12195	12800	12915	13445	12940	13285			
Peso Muestra húmeda	gr	3985	4590	3990	4520	4380	4725			
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2268.23	2268.23	2268.23	2268.23	2268.23	2268.23			
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm ³	1.76	2.02	1.76	1.99	1.93	2.08			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.4	28.3	28.7	21.4	27.7	29.8	27.5	39.3	27.8
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	127.4	133.8	142.9	120.7	146.7	132.6	142.5	195.6	127.1
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	116.2	121	120.2	112.7	138.2	113	132.6	181.9	111.4
Peso del Agua	gr	11.2	12.8	22.7	8	8.5	19.6	9.9	13.7	15.7
Peso Muestra Seca	gr	88.8	92.7	91.5	91.3	110.5	83.2	105.1	142.6	83.6
Contenido de Humedad ; W%	%	12.61	13.81	24.81	8.76	7.69	23.56	9.42	9.61	18.78
Promedio Contenido de Humedad	%	13.21			8.23			9.51		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.552		1.408	1.625		1.424	1.763		1.626

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
24	1	5.35	0.1	0.078	5.31	0.1	0.078	5.32	0.1	0.078
48	2	5.32	0.3	0.233	5.29	0.2	0.156	5.31	0.1	0.078
72	3	5.31	0.4	0.311	5.27	0.4	0.311	5.29	0.3	0.233
96	4	5.28	0.7	0.545	5.25	0.6	0.467	5.27	0.5	0.389

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ 13231	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovines Azoñero
FECHA: 11/06/18	FECHA: 11/06/18	FECHA: 11/06/18



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

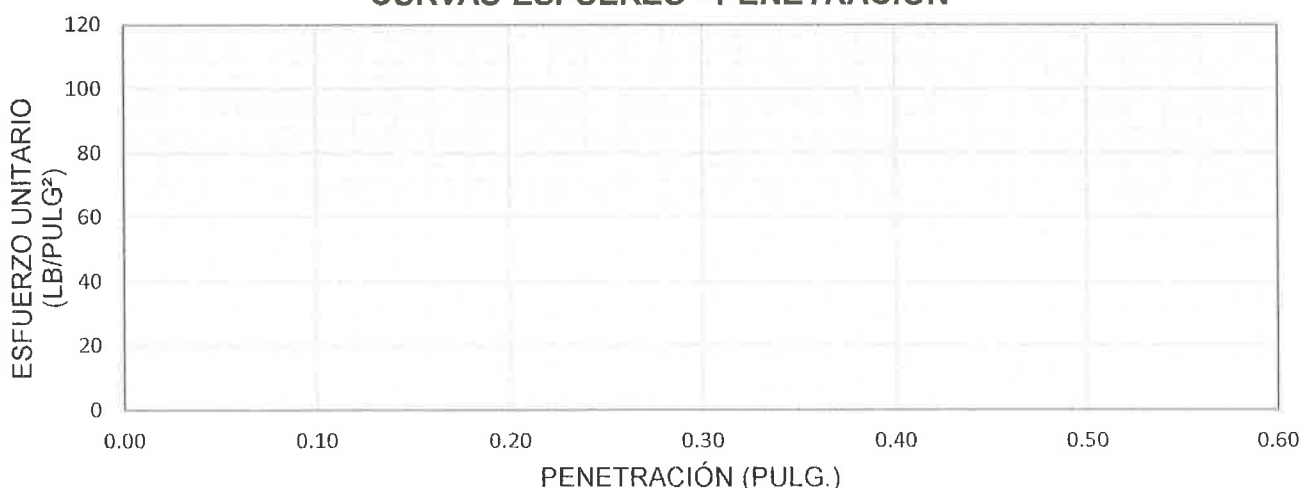
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	CBR-LS-UPNC:
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZANTE IÓNICO "CON-AID" EN LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO ARCILLOSO"	

CANTERA	Cerrillo	TIPO DE CANTERA:	Contero de Cera
UBICACIÓN:	Cerrillo - Boños del Sur	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
FECHA DE MUESTREO:	08-05-18	RESPONSABLE:	Ruiz Correa, Alhexis
FECHA DE ENSAYO:	11-06-18	REVISADO POR:	Rovines Azorero, Irene

CARGA - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	Kg	Kg/cm ²	Lb/in ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/in ²	Kg	Kg/cm ²	Lb/in ²
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	0.025	148.81	1.51	21.49	198.42	2.01	28.65	264.55	2.69	38.90
1.27	0.050	198.42	2.01	28.65	297.62	3.02	42.97	380.30	3.86	54.91
1.91	0.075	231.49	2.35	33.42	380.30	3.86	54.91	562.18	5.71	81.17
2.54	0.100	297.62	3.02	42.97	446.44	4.53	64.46	727.52	7.39	105.04
3.18	0.125	347.23	3.52	50.13	479.50	4.87	69.23	892.87	9.06	128.92
3.81	0.150	396.83	4.03	57.30	545.64	5.54	78.78	959.01	9.74	138.46
4.45	0.175	446.44	4.53	64.46	628.32	6.38	90.72	1025.15	10.41	148.01
5.08	0.200	512.57	5.20	74.01	744.06	7.55	107.43	1190.49	12.08	171.89
6.35	0.250	545.64	5.54	78.78	777.13	7.89	112.20	1256.63	12.76	181.44
7.62	0.300	578.71	5.87	83.56	801.93	8.14	115.79	1289.70	13.09	186.21
8.89	0.350	586.98	5.96	84.75	810.20	8.22	116.98	1306.24	13.26	188.60
10.16	0.400	595.25	6.04	85.94	843.27	8.56	121.75	1339.31	13.60	193.37
11.43	0.450	611.78	6.21	88.33	859.80	8.73	124.14	1347.57	13.68	194.57
12.70	0.500	628.32	6.38	90.72	868.07	8.81	125.33	1372.38	13.93	198.15

CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA INGENIERO CIVIL REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 16246	
NOMBRE: Alhexis Ruiz Correa	NOMBRE: Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Irene Rovines Azorero
FECHA: 11/06/18	FECHA: 11/06/18	FECHA: 11/06/18